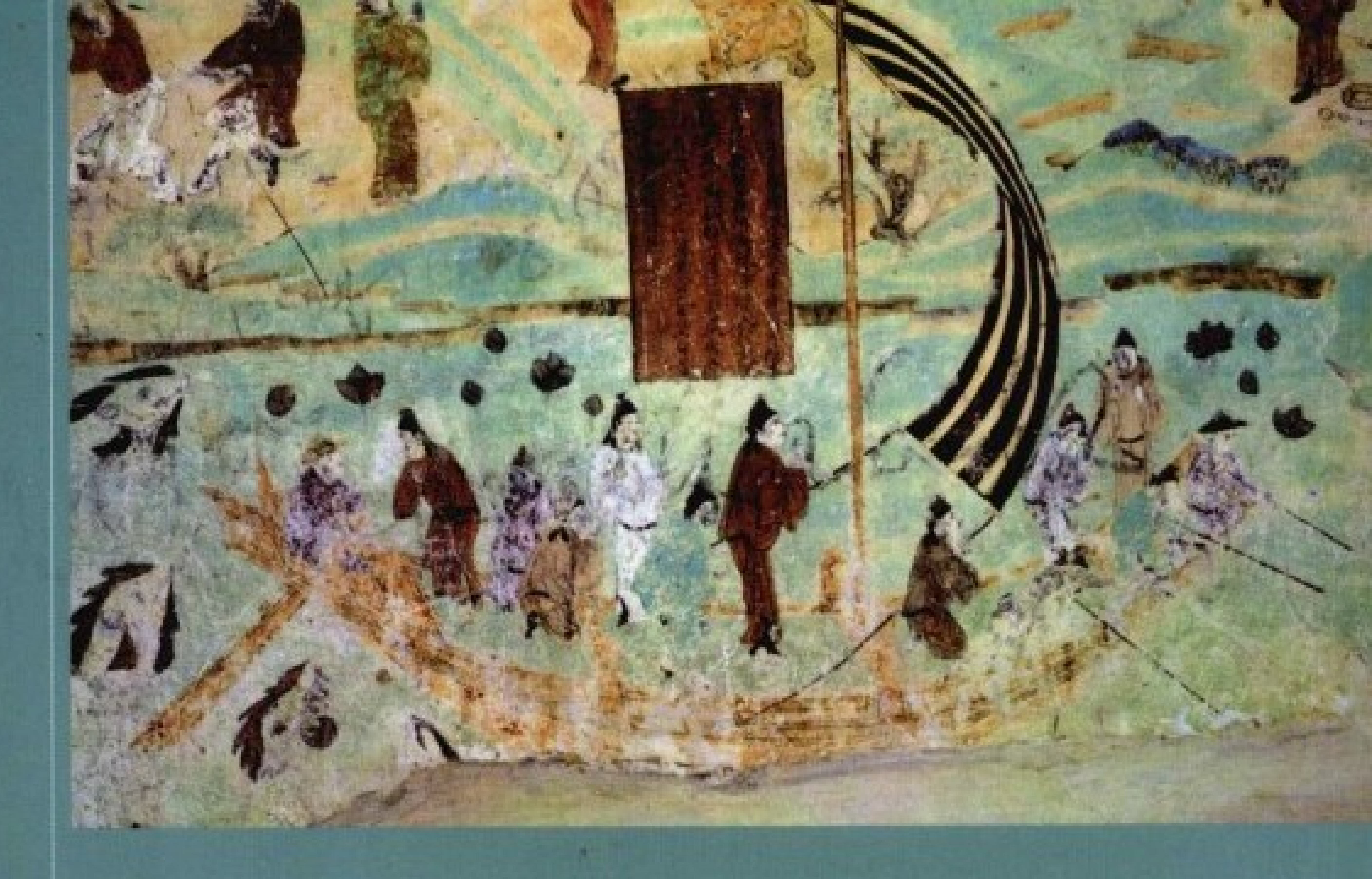




中国古代造船与航海

金秋鹏 著

中国是一个水域宽广的国家，初期，人们行路多以陆路为主，但对很多依水而居的百姓而言，水路似乎更为便捷，于是先有了舟，后有了船，并逐渐从湖面行驶到江面乃至于广阔的海面。中国的造船技术便在时光的演变中完成了一次又一次的技术革新与飞跃。

中国国际广播出版社

中国读本

中国古代造船与航海

金秋鹏　著

中国国际广播出版社


ISBN 978-7-5078-3262-4
9 787507 832624 >
定价：20.00元

图书在版编目（CIP）数据

中国古代造船与航海 / 金秋鹏著. —北京:中国国际广播出版社，2011.1
（中国读本）
ISBN 978-7-5078-3262-4

Ⅰ. ①中… Ⅱ. ①金… Ⅲ. ①造船工业—工业史—中国—古代②航海—交通运输史—中国—古代
Ⅳ. ① F426.474 ②F552.9

中国版本图书馆CIP数据核字（2010）第148594号

中国古代造船与航海

著　　者	金秋鹏
责任编辑	张　婧
版式设计	国广设计室
责任校对	徐秀英
出版发行	中国国际广播出版社（83139469　83139489[传真]）
社　　址	北京复兴门外大街2号（国家广电总局内）
	邮编：100866
网　　址	www.chirp.com.cn
经　　销	新华书店
印　　刷	北京广内印刷厂
开　　本	640×940　1/16
字　　数	82 千字
印　　张	12.75
版　　次	2011 年 1 月　北京第一版
印　　次	2011 年 1 月　第一次印刷
书　　号	ISBN 978-7-5078-3262-4/U・3
定　　价	20.00元

目　录

前　言

鉴古知今

一　中国有悠久而光辉的造船和航海历史

公元1840年至1842年第一次鸦片战争期间[1]，英国侵略军用铁甲战船打开中国封建主义闭关锁国的大门，打破中国夜郎自大，自以为天下独尊的迷梦。于是，在一些西方人眼里，中国人被看作是不善于造船和航海的民族，备受藐视和欺凌。在中国国内，也有一些人感到不如西方，要向西方学习、效法，办起了船政，搞起了洋务，建立了水师学堂和海军，并且随着逐渐掀起了社会变革的浪潮。船给中国人民带来了恐惧、灾难和痛苦，也给中国人民带来了觉醒、变革和希望。可以说，中国人民意识到落后于世界潮流是从船开始的，中国人民的自强努力也是从造船开始的。

这是中国历史上黑暗的一页，是中国人民以血和泪写成的惨痛的一页，也是中华民族在灭绝线上挣扎、搏斗、奋发，为自存、自强而谱写的悲壮一页。

可是，有谁想过，这横跨大洋、打开中国大门的船舰，却曾经得益于我们祖先的发明创造，凝聚着中华民族的聪明才智！

---

① 鸦片战争：1840～1842年，英政府以我国禁止鸦片输入为由，对我国发动的侵略战争。

历史是公正的。大量活生生的史实向我们展示出：中华民族是善于造船和航海的，中国有悠久而光辉的造船和航海历史。历史上，中国发达的水上交通，既为国内的繁荣昌盛做出了重要的贡献，也对世界的文明发展产生了深远的影响。正如专门从事中国科学技术史研究的英国学者李约瑟博士所说："中国人被称为不善于航海的民族，那是大错特错了。他们在航海技术上的发明，随时可见。即使在欧洲的中世纪和文艺复兴时期，西方商人和传教士在中国的内陆河道上所见到的航船，数量之多使人咋舌，而中国的海上舰队，在 1100～1450 年之间肯定是世界上最伟大的"。

二　中国水上活动的历程具有自己的独立性和创造性

船是水上的交通工具，离开水也就没有什么船可言了。因此，要了解我国历史上的造船成就，首先必须了解我国的河川、湖泊和海疆。

在我国 960 万平方公里的土地上，河流纵横交错。据统计，全国流域面积在 100 平方公里以上的河流超过五万条，流域面积在 1 000 平方公里以上的河流超过 150 条。全国河流的径流总量达 26 300 亿立方米，占世界河川径流总量的 6.8%，占亚洲径流总量的 20%，仅次于巴西和前苏联，居世界第三位。曾经有人计算过，我国大小河流加

在一起的总长达42万公里，相当于绕赤道一周（四万公里）再加上地球到月球（地球和月球相距38万公里）的长度。其中，船舶可以通航的河流长达16万公里。我国又是一个多湖泊的国家，面积在一平方公里以上的湖泊就超过2 800个。河流纵横交错，湖泊星罗棋布，在我国领土上编织成水上交通网，构成了全国各地的经济、文化交流的重要通道。

同时，我国不仅是一个陆疆广大的国家，而且是一个海域辽阔的国家。渤海、黄海、东海、南海环绕在我国的东面和南面，跟广阔无垠的太平洋连成一片。北起鸭绿江口，南到北仑河口，长达18 000公里的海岸线，提供了我国海上通航的优越天然环境。

生活和繁衍在辽阔疆域的中华民族，不仅有陆上开发、进化的辉煌历史，而且也有水上开发、进化的光辉历程。从独木舟的发明到巨型海船的创制，从内河航行到穿越印度洋的航海壮举，都表明中国的水上活动的历程具有自己的独立性和创造性。中国船舶的质量和数量，中国的航海技术，都曾经在一个相当长的时期里居于世界领先的地位，震惊古代世界。在中世纪，中国的船舶几乎垄断了西太平洋和印度洋的航行。直到1669年，一个欧洲人还无限感慨地说："有人确信，中国船的数量超过了世界各地所有船只的总和，这对许多欧洲人来说似乎是不可信的"，"但是在世界各地旅行以后，我认为这个看法是十分正确的"。

三　翻过屈辱的一页

“逆水行舟，不进则退”，行船是这样，搞其他事业也是这样。这是我们祖先在行船实践中总结出来的经验，并且已经成为人们生活中寓意深刻的箴言。16 世纪以前，中国古代先进的造船和航海技术促进了西方航海时代的到来，对资本主义世界的发展起了不可估量的影响。可是在中国，持续了两千多年的封建统治，已经成为生产发展的阻力，而明朝中叶以后限制造船和禁止航海活动，更使造船和航海技术不但停滞不前，甚至后退了。因而跟不上时代前进的步伐，被世界的潮流越抛越远。到头来，演出了中国近代史上的一场大悲剧。这个惨痛的教训必须永远记取！

如今，这页屈辱的历史已经翻过，中国人民经过了 100 多年艰苦卓绝的斗争，付出了沉重的代价，终于迎来了解放，迈开坚定有力的步伐朝着光明的前程奋进，正在谱写着崭新的、壮丽的历史篇章。

我们生活在充满生机和活力的火热年代中的中国人，是值得庆幸的，是历史的幸运儿。但是，我们在庆幸之际，却万万不能满足。应该清醒地看到，我国的造船和航海的技术水平还比较落后，跟世界先进水平相比还有一定差距。如果不急起直追，不迎头赶上，我们会更加落后，落后就要挨打，落后就会导致历史悲剧的重演。因此，我们应该

时刻记住落后挨打的惨痛教训，更加奋发图强，争取早日使我们的造船和航海技术赶上世界先进水平。

中国人民是能够也一定会达到这个目标的。因为中国人民是有骨气的，中华民族是勤劳勇敢、富有聪明才智的。历史上，我们的祖先曾经为世界的造船和航海事业做出重大的贡献，今天我们也应该而且可能对世界造船和航海事业做出新的贡献。

第一章

船的起源

一　人类早期的生活环境

我国是人类发祥地之一。至迟在100多万年以前，在我国土地上就已经有了人类活动。

当时，林木满山，草卉遍野，春天到处是花香鸟语，秋日满目是累累果实，人类跟飞禽走兽就混迹在这绿色的世界之中。同各种生物一样，人的生命也离不开水，因此远古的人们都依傍在河川、湖泊之滨。河川、湖泊向人们提供了饮用的水，也奉献了可供食用的鱼虾螺蚌。人们就在这样莽莽的原野上过着采集、渔猎的生活。人们跟混沌的自然界浑然一体，就像其他动物一样地生息着，很少差异。但是，人毕竟有灵巧的双手和发达的大脑。他们用自己的创造性劳动，一步一步地改变生活条件，扩大活动范围。进化的过程是极其缓慢的，然而进化却在继续着，连绵而从未间断。

随着人类的繁衍，生活地域扩大了，生活需求增多了，河川对岸那可望而不可及的生活资源，在向人们召唤。以后，人们又接触到了大海，广阔无际的海洋是一个水生动物的世界，它向人类展示了获取食物的崭新领域，是那么诱人。但是，人类隔岸观望，只能望洋兴叹。

用什么方法才能渡过既深又阔的河面，去开发新天地呢？人能不能到浩渺的大海中去撒网捕鱼呢？人们思考着，探索着。

二 大自然的启示

任何念头或思想的产生，都不会是凭空出现的，都必须经过大量的观察，获得各种各样的信息，然后经过大脑的储存、积累和加工，才能产生一个有用的观念或思想，再经过反复的实践，最后变成现实。船舶的产生也经历了这么一个过程。

人们长期和水打交道，对水的浮力逐步有了认识。人们经常可以看到，树叶落在水里会漂浮在水面上。被风吹断的树枝、树干、竹子等，掉入水中也不会下沉。但是石块扔进水里，立即就沉入水底。有时候，人不小心掉进水里，也会被淹死。人们终于意识到，在自然界中有些物体会浮在水面，有些物体会沉入水底，人在水里如果不会游泳，也是要沉入水底被淹死的。

树叶、树干、竹子会浮在水面，那么它们是否能负载物体呢？人们逐渐发现，树叶能负荷的重量是微不足道的，粗大的树干能负载较重的物体而不下沉，人抱着树干也沉不了。但是，圆柱形的树干在水里不稳定，它会随着水流而翻滚，遇到了风也会滚动，人在上面坐立不稳，随时有落水的危险，无法依靠它在水面上活动。同时，人们又看到，落到水中的树叶、树干、竹子，只能随水漂流，无法控制它的浮动方向。如果能像水鸟一样，在水面上自由游

动，想到哪儿就到哪儿，该有多好啊！

自然界各种常见现象的反复出现，启迪着人们的思想，终于人们从看到中间空的木头浮在水上而得到启示，发明了水上的活动工具——船①。

三　关于造船的传说

在西方的《圣经》里，世界以至万事万物都是上帝创造的，舟船也不例外。《圣经》故事中有一段说的是诺亚方舟，内容是：上帝为了惩罚人类的罪恶，要毁灭世界，唯有诺亚是个义人，决定留下他和有限的生灵。上帝耶和华对诺亚说："看哪，世界败坏到如此地步，这些有血气的生物全都陷在罪恶之中。这完全违背了我当初造物的旨意。我现在后悔了，我要把这罪恶的世界一举毁灭。你要用歌斐木造一只方舟……"耶和华把方舟的规格和造法传授给诺亚后，又对他说："看哪，我要使洪水泛滥，毁灭天下所有的生灵。然而我要跟你立约，你和你的妻子、儿子、儿媳，都要进入方舟。凡是有血有肉的活物，鸟兽虫鱼，各从其类，每样一公一母，你要带进方舟，好在方舟里保全生命。"诺亚依照上帝的吩咐，选取歌斐木赶造方舟。他整

---

① 汉刘安《淮南子》记载："古人见窾木浮而知为舟"。窾（kuǎn），中空的意思。

整用了120年的时间，造成了一只庞大的方舟。这只方舟长300肘（一种长度单位），宽50肘，高30肘。于是，诺亚全家和各种各类的生物中的一对都进入方舟，在上帝制造的洪水中保住了生命。当然，这只是纯粹的宗教神话罢了，在现实世界里是根本不存在的。

关于船的发明，我国没有这样的宗教神话，但是也有许多传说和神话。这些传说和神话跟《圣经》相比，要确实得多，它们反映了一定的历史真实。

中国古代的传说中有伏羲氏作舟，有黄帝的两个大臣共鼓、货狄作舟，有番禺作舟，有巧垂作舟，有虞姁作舟，有化狐作舟，有伯益作舟，……同时，还流传有大禹造舟的神话。《蜀记》中说：

在上古的尧、舜时代，洪水滔滔，淹没了大片土地，人类的生活用品和赖以生存的动植物资源漂流散失，人类的生存受到极大威胁。禹的父亲鲧（gǔn）接受帝尧的命令，治水九年，没有成功而被杀。后来禹又接受舜的命令负责治水。禹为了指挥治水工程，需要造一只独木舟。他听说在四川梓潼尼阵山里有一棵特大的梓树，直径达一丈多宽，就带着木匠去伐。树神知道后化成一个童子阻止砍伐。禹非常生气，严厉地谴责树神，砍下大树，用它造了一艘既宽大又灵巧的独木舟。禹乘坐这艘独木舟指挥治水工程，经过13年的努力，终于治理了洪水。

当然，传说和神话不等于现实，但是它却在一定程度上反映了某些事实，就是在新石器时代已经发明了船，

而且发明者不是一个人。传说和神话中的人物是否就是船的发明者，暂且不去说它，大自然给予每个人的机会是相同的，生活在水边的人都同样有机会发明船，而不是局限在一时一地一人。

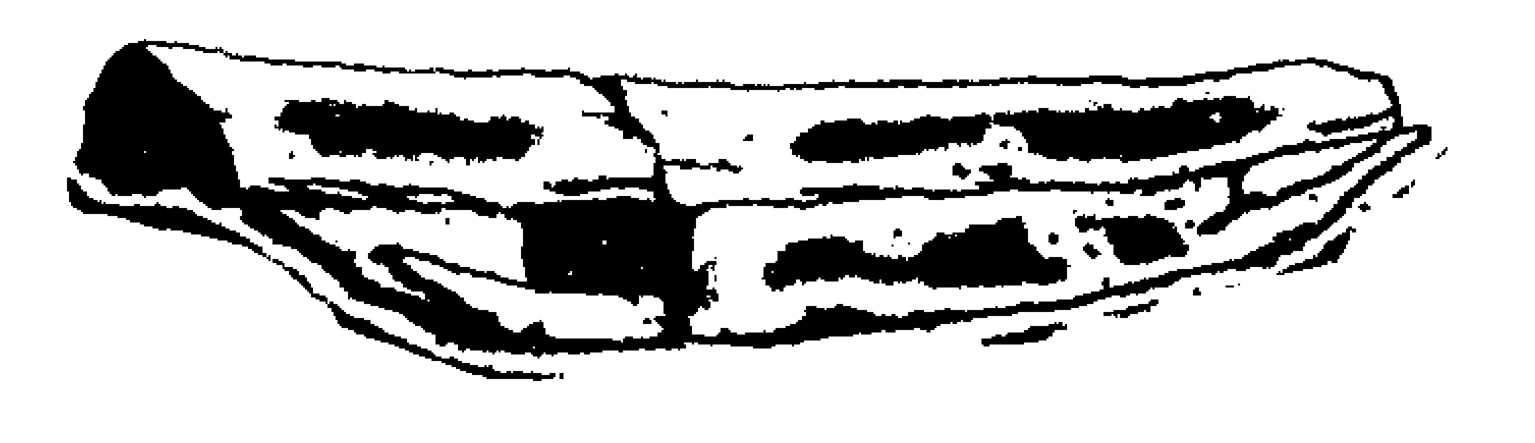
四　竹排、木排和独木舟

扁平的树叶在水中漂浮有一定的稳定性，而圆形的树干和竹子在水里却不断地翻滚。但是树叶不能负重，树干或竹子却可以承受一定的重量而不下沉。怎样让树干或竹子在水中能平稳地浮游呢？人们思索着和实践着，终于想出了办法，把树干或竹子用绳子捆扎起来，使它们也变成扁平的样式，在水里就不会翻滚，可以负载人或物了。单纯的木排和竹排还只能随水漂流，在比较浅的水面，用一根竹子——篙撑动竹、木排，就能够让竹、木排随人们的意愿活动了。

竹排和木排还不是理想的水上活动工具，它会渗水，人和货物难免浸水。特别是竹、木排高度很低，只有木头或竹子那样高，载重后往往会泡在水里。而且，竹、木排前端跟水的接触面大，阻力也大，顺流而下还可以，逆流而上就很费劲。此外，捆扎的绳子泡在水里，时间一久就会腐烂，使竹、木排散开。从造船技术发展的角度看，竹、木排并不是船舶的直系祖先。

船舶的直系祖先是独木舟。在我国的古籍《周易·系辞》中记载的“刳（kū）木为舟，剡（yǎn）木为楫”，说的就是制造独木舟和船桨。刳的意思是剖开、挖空，即把树干剖开，中间挖空，这就是最早的船——独木舟。剡的意思是削，楫的意思是桨，就是说再削木头做成桨，坐在独木舟里划动木桨就能够在水面上活动了。

我国是在什么时候发明独木舟的，现在已无从知道了。在浙江余姚河姆渡新石器时代遗址的考古发掘中，有木桨出土，说明至迟在大约七千年前就已经有独木舟。在距今五千年左右的浙江杭州水田畈和吴兴钱山漾的新石器时代的遗址中，也都有木桨出土，说明当时独木舟已成为浙江地区的水上重要交通工具了。

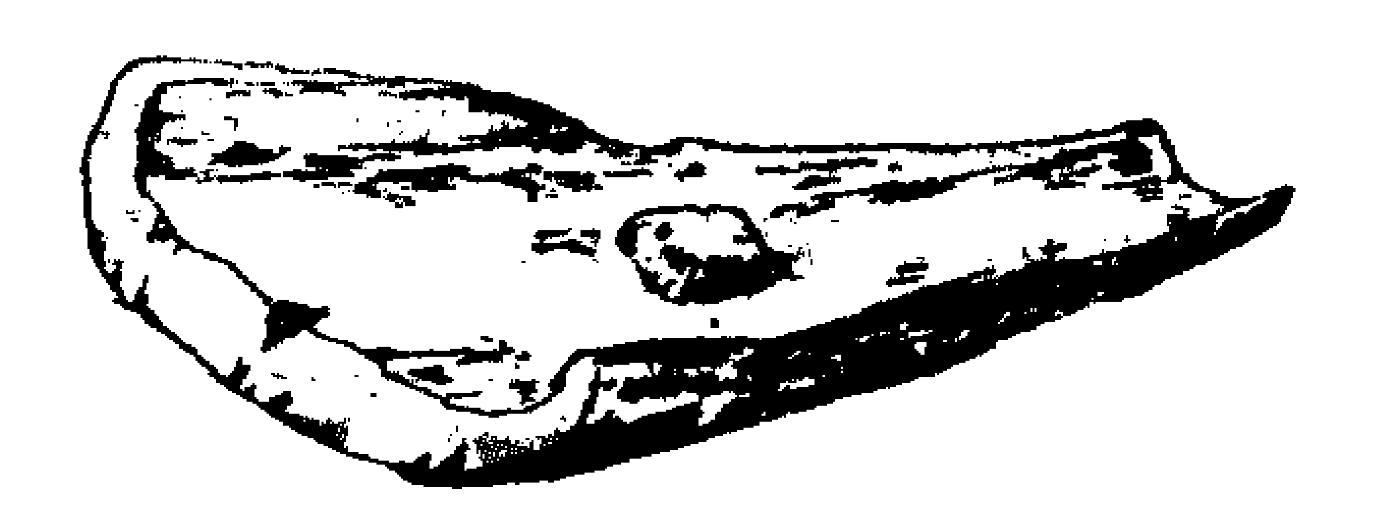

武夷山白岩船棺

新中国成立以后，逐渐有新的独木舟出土，在四川、福建、江西、青海、贵州、云南等地还发现为数很多的两三千年前的船型棺葬，船棺形制跟独木舟很相像。由于上古时代工艺技术发展极其缓慢，因此这些发掘到的古代文物，在一定程度上反映了早期独木舟的形制和制造技术。

从这些古代遗物看，我国古代独木舟的形体，大致有三种：一种是头尾方形，没有起翘，接近平底；一种是头尖尾方，舟头起翘，尾部平底；一种是尖头尖尾，都有起翘。后来的船型有方头方尾、尖头方尾和尖头尖尾之分，

船底有平底和尖底之分，可能是从它们发展演化而成的。

独木舟所用的材料是粗大的树干，直径一般都在一米以上；长度一般都在五米以上，甚至有长一二十米的。在金属的生产工具出现以前，人们用的都是石刀、石斧之类的石质工具，用这些粗糙石器来加工粗大而质硬的树干，是很不容易的。因此，先把要造舟的部分用泥土包住，再用火烧烤，使要去掉的部分炭化，然后用石刀、石斧砍削。在福建连江和浙江温岭发现的独木舟，都有火烧以后加工的痕迹，反映了当时的这种生产技术。恩格斯说过："火和石斧通常已经使人能够制造独木舟"[①]，说的就是这种加工方法。

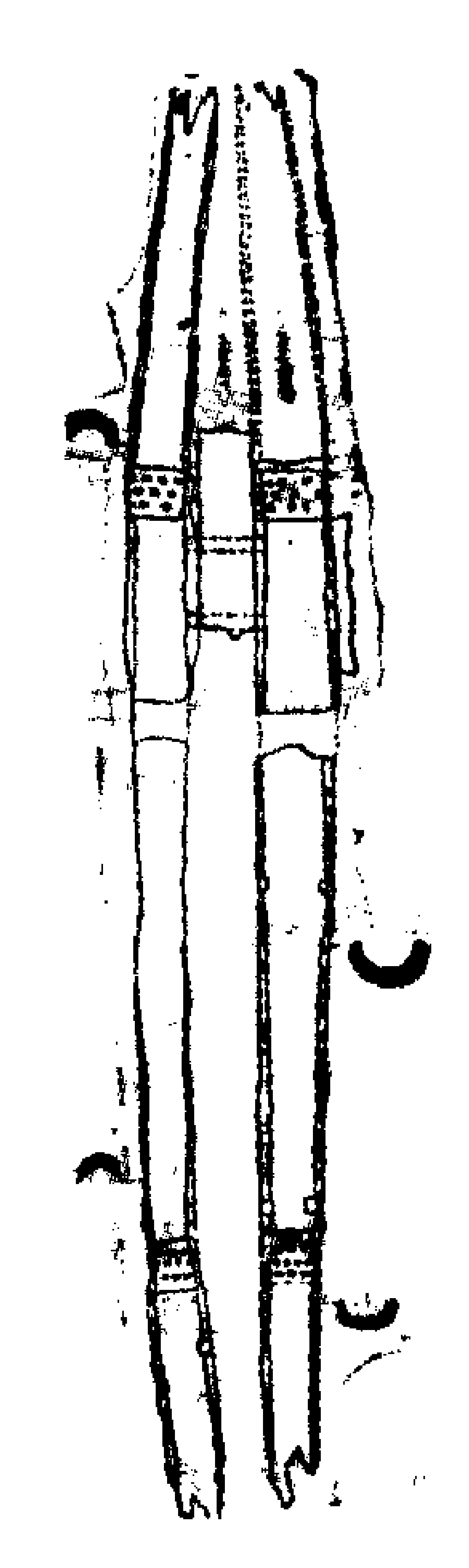

福建连江西汉独木舟

早期的独木舟是很简陋的，一般是把树干去掉一半或一半以上，再砍一个凹槽。这种独木舟载不了多少人或东西，稳定性也不好。为了增加负载空间和稳定性，所挖的凹槽渐渐增大，舟壳逐渐变薄。同时，在行驶实践中，逐渐认识到头部尖形比方形省力、速度快，于是把头部加工成尖形，并且逐渐使它起翘。舟壳变薄以后，为了加强横向稳固性，发明了横梁加固的方法，就是在独木舟上加多道横梁作支撑，既能增加舟体的结构强度，又可以供人乘坐。后来，又在横梁上加铺甲板，板下是舱，板上

---

① 《马克思恩格斯选集》第 4 卷第 19 页。

建造上层建筑。还有把两只独木舟连在一起的，比如在山东平度发现的隋代独木舟，就是双体的，每个舟体用三段树木刳制、衔接而成，约用 20 根横梁连接两只舟体，上铺甲板，设有上层建筑，舟长约 23 米，总宽约 2.8 米，可以载重 23 吨左右。



山东平度隋代双体独木舟

由于独木舟是用单根木头造成的，严整无缝，不会漏水，结构坚实，不会松散，而且加工简单容易，因此即使在木板船发展起来之后，独木舟仍然存在。现在我国西南地区的一些地方，独木舟还被用作渡河工具。

第二章

木板船的问世

一　木板船

木排、竹排也称作筏。筏和独木舟虽然把人类的活动范围从陆地带到水上，但是随着人们水上活动的增多，它们的缺陷也就越来越暴露出来了。

独木舟是用天然树干砍削成的，阔度和深度都受到树干大小的限制，这也就决定了它的装载能力不大，不能满足水上运输的需要。独木舟比较狭，比较浅，行驶不稳，容易倾覆，经常发生事故，使人和货物落水。同时，制造独木舟需要粗大的树木，材料来源有限，制造的时候树干得砍削掉一半左右，剩下的部分又得捣空，浪费很大。也就是说，独木舟在性能、材料来源和制造工艺上都存在严重的缺陷。筏的面积虽然大，稳定性也好得多，但如前所说，它是由一根一根的竹子或木头捆扎而成的，接缝的地方不容易腻密，容易渗水。而且，筏的干舷（指船边在水上面的距离）非常低，人或货物多装一些，筏就会没入水里，使人或货物被水浸泡。

总之，筏和独木舟都还不是理想的水上活动工具。人们寻求着变革水上交通工具的道路。随着人类文明的不断进步，出现了金属工具，木板船也随着问世了。

关于木板船出现的具体年代，现在已经无法查考。但是要制造木板船就必须把圆柱形的树干加工成木板，

这是用火以及石刀、石斧等工具所不能做到的，只有在金属锯出现之后才有可能。因此可以推测，木板船大约出现在三千多年前的殷商早期。

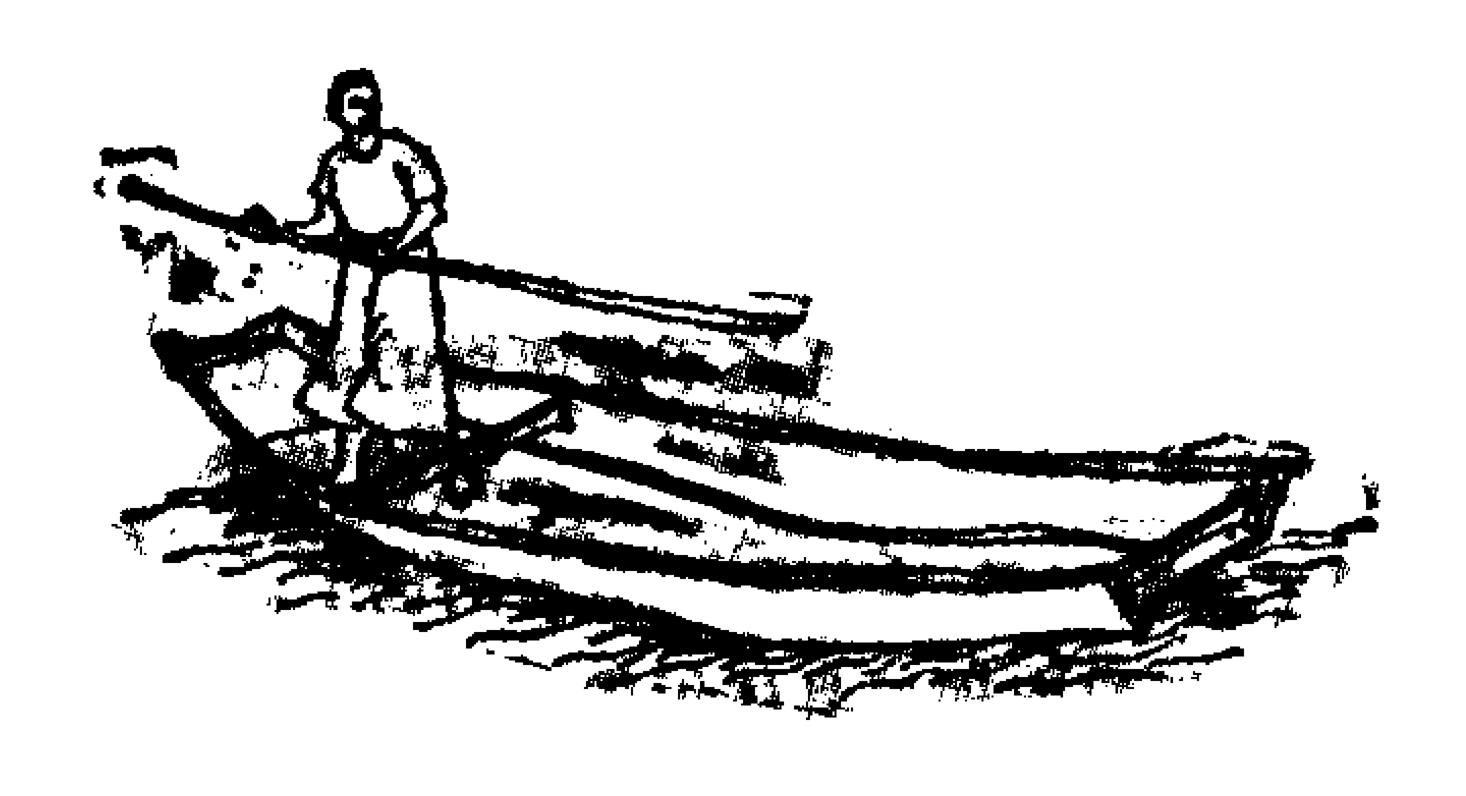
木板船的问世，是人类在利用自然、改造自然进程中的一个重大突破，也是造船史上一个重大创举。它标志着人类的水上活动已不再受自然界所提供的原始材料的限制，已经能够根据自己的意愿，对原始材料进行再加工，并且根据自己的需要进行再创造。

二　舢板

舢板又作“舢舨”，原名“三板”，也写作“三版”。顾名思义，可以推测它最初是用三块木板构成的，就是一块底板和两块舷板组合而成。这可能是最早出现的最简单的木板船了。现在广西一些狭窄而又弯曲的河道上，还可以看到三板船的踪影，它的底板两端经火烘弯向上翘起，两侧各接合上两块木板，作为船舷，然后捻[1]缝密闭，就成为一只两头上翘，底小面大，中部宽、两端稍窄的三板船了。这种制造工艺，可能还保留了原始三板船的特点。它们的差别，或许只在广西三板船的三块木板是用铁钉钉合

① 一般造船书刊里写作“艌”，它的意思跟“腻”字差不多，据辞书，“腻”的意思就是用物涂缝隙，所涂的油灰等就叫“腻子”。

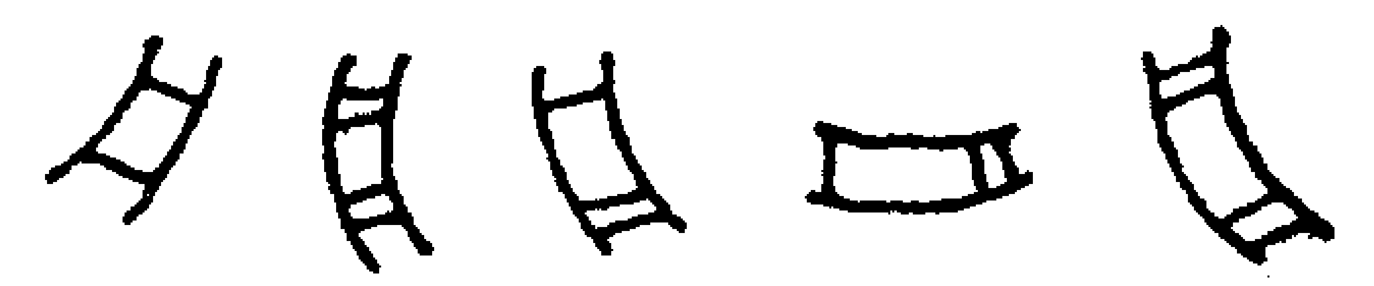
的，而早期三板船可能是用搭接方法并且用绳子捆牢的。


三板船

当然，原始三板船的性能不会比独木舟强多少，它还没有独木舟结实，容易破裂，经不住碰撞。但是，可贵的是它已迈出了有力的一步，开辟了造船工艺的新纪元。以后，人们在应用中不断对三板船加以改进，逐步使它完善，并且不断有所创新，导致了千姿百态、性能优良的各种船舶的产生。

早期舢板的演进情况，可以从甲骨文中关于“舟”字的形状窥知大概。甲骨文是我国现在已知的最早文字，是三千多年前殷商时代的先民刻在龟甲或兽骨上的文字。甲骨文大多是形声字，也有一部分是象形文字。其中“舟”字就是象形字，它在一定程度上反映了大约三千年前我国的船只结构和形状。

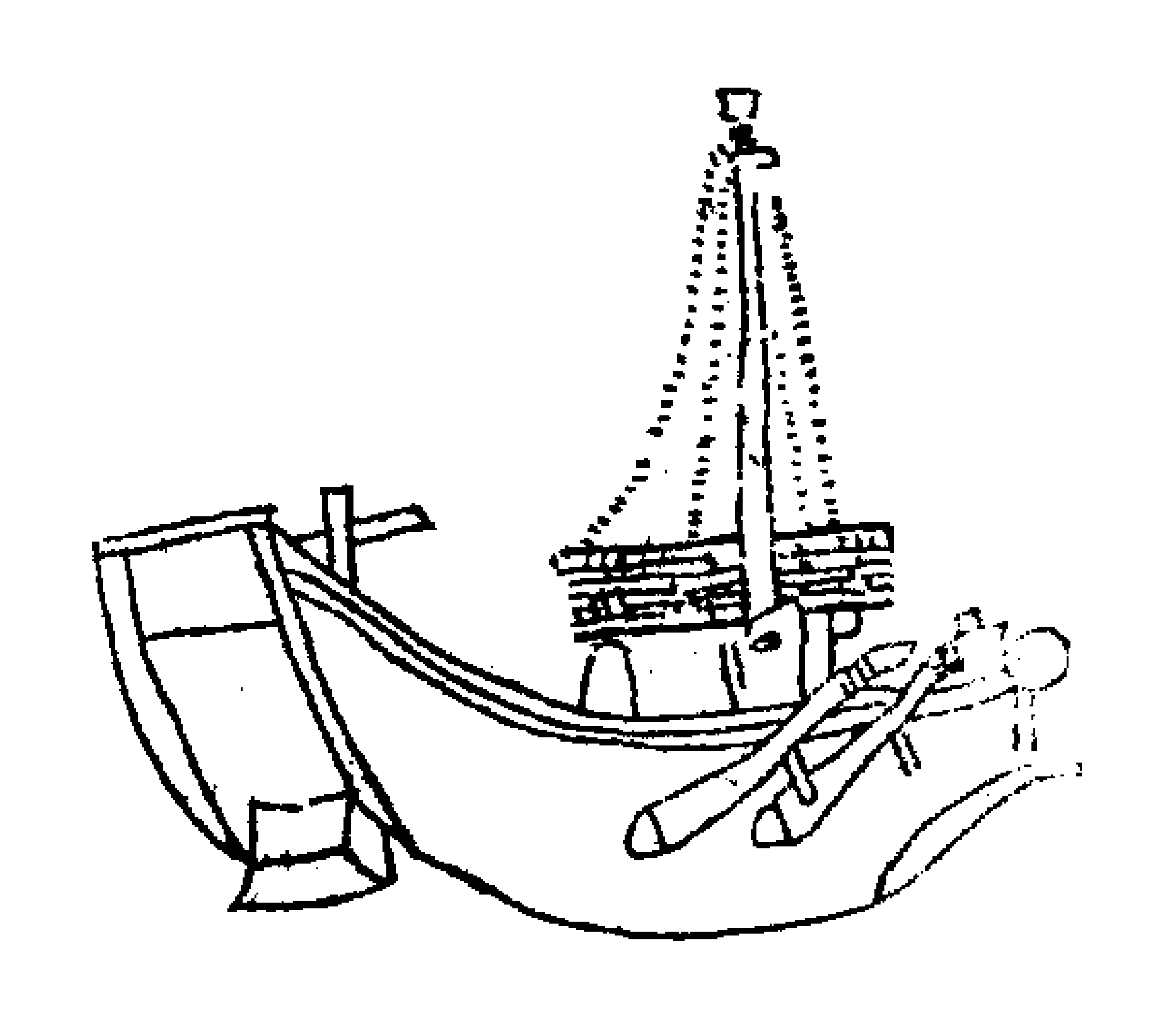
在甲骨文中，关于“舟”字的写法有：



这些“舟”字的写法，形态逼真，形象酷似实物，从中可以看到当时的木船的形制，有的是平底、方头、方尾，首尾上翘且有出角；有的是首、尾已加横梁，既提高了船体结构的整体性能，使它更加坚固，又可以用作乘坐，更加方便、舒适。从“舟”字的多次出现和多种写法中，还可以看到船只在当时已经是重要的水上活动工具，而且已

经具有多种形制。

甲骨文中这些“舟”字所反映的船只，都属于舢板一类。当然，这时的三板已不再只是由三块木板所构成了，而是由多块木板搭接成船底板和船舷板，另外又加了横梁，使船体连接得更加牢固坚实。后来，舢板就成为这类划行便捷的小船的统称。由于舢板结构简单、制造容易，并且体积小，划行便捷，因此很快被推广使用。3000多年来，它一直是我国内河和沿海使用最普遍的船只，不但用于交通运输和打鱼，而且在军事上也被广泛应用。它的数量也远远超过了后来发展起来的各种类型的船舶。


明朝三板船图

三　并船为舫

初期的舢板还很小，不大平稳，也载运不了多少人和货物。怎样增加稳定性和装载量呢？人们从筏的构造中得到启示，既然一根一根的木头或竹子捆扎在一起，可以得到较高的稳定性和较大的装运量，那么把两只或更多的舢板合并在一起，不是也可以得到同样的效果吗？于是，舫出现了。也正是这个原因，古籍中经常把舫和筏相联系，甚至引申为筏。例如，《尔雅·释言》说“舫，泭（fú）

也”，《毛传》说“方，泭也”，《国语·齐语》说“方舟设泭，乘桴（fú）济河”。这里的泭、桴指的就是竹筏或木筏。

所谓“舫”，就是两只船并在一起，《说文》称“舫并舟也”，《索隐》中也说：“舫，谓并两船也。”“舫”也称“方”、“枋”、“方舟”、“方船”、“枋船”，有时也写作“航”。它的制作方法，起初大概是用绳索把两只船捆在一起。后来，又演进用木板或木梁放置在两只船上，用木钉、竹钉或铁钉钉在一起，两船之间也保留一定间隔，而不一定要船舷跟船舷紧靠在一起了。

由于舫的阔度是原来船只的一倍以上，船宽就稳，载重量也大，因此受到人们的重视，用它来运送军队和粮食。战国时期秦国相张仪在劝说楚王听从自己意见的时候曾经这样说，虽然秦楚相距3 000多里，但是秦占有四川，“用舫船载士兵，一只舫可以载五十人和三个月的食粮，顺流而下，一天可以航行三百多里”[①]，不出十天，不费牛马之力，就可以抵达楚境，进攻楚国。汉初郦食其在劝齐王田广归汉的时候曾经分析了当时天下归汉的大势，他说：在刘邦的号召下，“诸侯的军队从四面到来，蜀汉的粮食用舫船装载着顺江而下”[②]。这反映了舫在战国和汉朝是重要的

---

① 《史记·张仪传》记载：“秦西有巴蜀，大船积粟，起于汶山，浮江已下，至楚三千余里。舫船载卒，一舫载五十人与三月之食，下水而浮，一日行三百余里，里数虽多，然而不费牛马之力，不至十日而距扞关。”汶山即今岷山。扞（gān）关，古代的关名，在今湖北长阳西，是楚国的西部边关。

② 见《史记·郦生传》：“诸侯之兵四面而至，蜀汉之粟方船而下”。

军用船只。直到南北朝时期，在长江和湘江一带，仍是一派舫船并列、相连的景象[①]。

舫在必要的时候还可以分成单体船。西晋末，顾荣被朝廷拜为侍中之职，从苏州起程赴任，到徐州遇到战乱，他弃车乘舫回归。舫航行到下邳（江苏睢宁西北），他把舫拆开，使用单船，日夜航行五六百里，得能逃避战乱，安全返回家乡[②]。

除了由两只船体构成的舫外，在历史上还出现过由多只船体构成的船只。这种船行驶平稳，上面可以建造庐舍，成为统治阶级出游时候的专用船。周代对乘船有严格的等级规定：天子乘坐“造舟”，诸侯乘坐“维舟”，高级官员乘坐“方舟”，一般官吏乘坐“特舟”，普通百姓只能乘用“桴”[③]。“造舟”由多只船体构成，“维舟”由四条船构成，“方舟”由两条船并成，“特舟”是单体船，桴就是筏。从这个乘船规定，可以看到当时人跟人之间的不平等关系，最高统治者天子用的是好几只船构成的“造舟”，一般的老百姓只能乘木筏、竹筏。

舫以及由多条船合并而成的船只虽然有优点，但是也存在不可克服的缺陷。就是它的宽度大，又有两个以上船

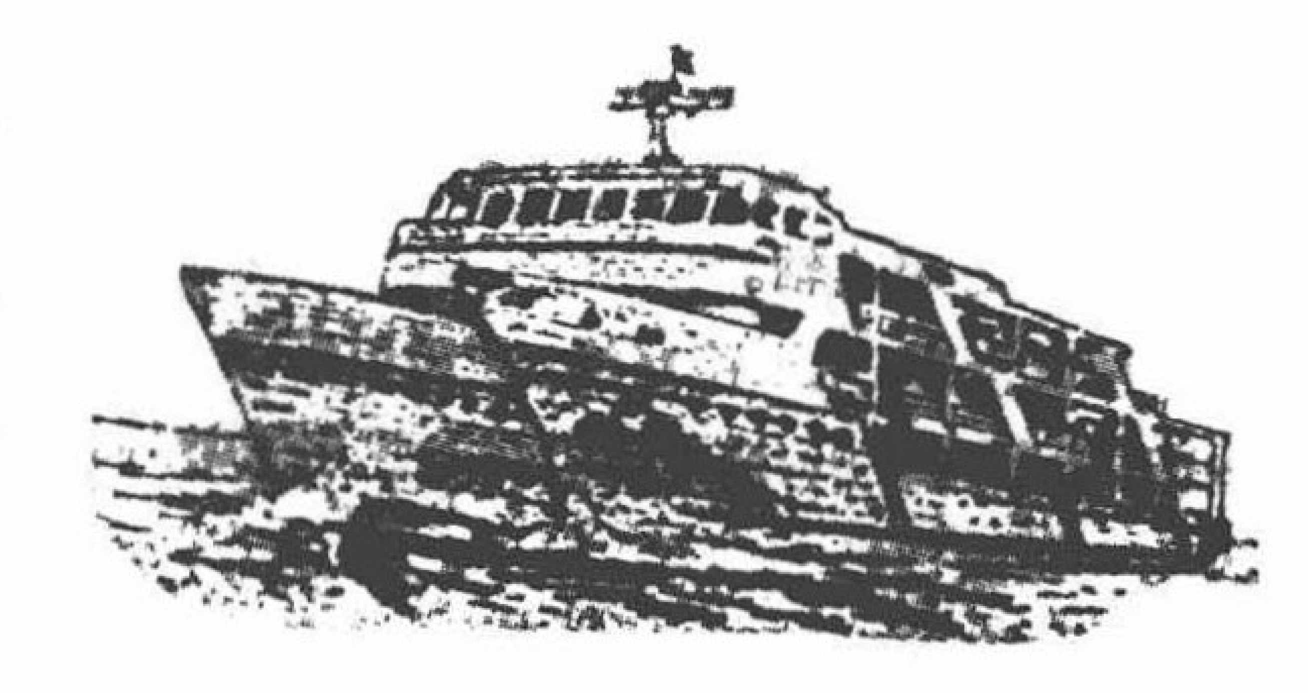
---

① 见《梁书·元帝纪》：“江、湘委输，方船连轴。”

② 王隐撰写的《晋书》记载：“顾荣征侍中，见王路塞绝，便乘舡而还，过下邳，遂解舫为单舸，一日一夜，行五六百里，遂得免。”另参见房玄龄等撰写的《晋书·顾荣传》、《晋书·纪瞻传》。

③ 《尔雅·释水》记载：“天子造舟，诸侯维舟，大夫方舟，士特舟，庶人乘桴。”

体跟水面接触，驾驶操纵困难，行动不便。因此，在大中型船舶发展起来以后，就逐渐被淘汰了。“舫”的含义也起了变化，成为一些游船的称呼，如画舫之类。但是，值得一提的是，事物的发展往往出现这种情况，一些在历史发展中被否定的东西，随着科学技术的发展，它的作用重新被人们所认识，在更高的发展阶段中获得了新的生命。现代出现的双体船就是这样的例子。双体船的优越性是：它的上层建筑架在两个船身之上，甲板面积很大，又有两个船舱，载重量比单体船增加一倍以上；船体宽，稳定性好，航行更加安全；有两个起推进作用的螺旋桨，一个开正车，一个开倒车，就能起舵的作用，容易操纵；同时，就单个船身来说比较瘦长，相应地减少了航行阻力，可以提高航速。因此，现在它被用在客货运输、海洋勘探等方面。



双体客船

第三章

推进工具

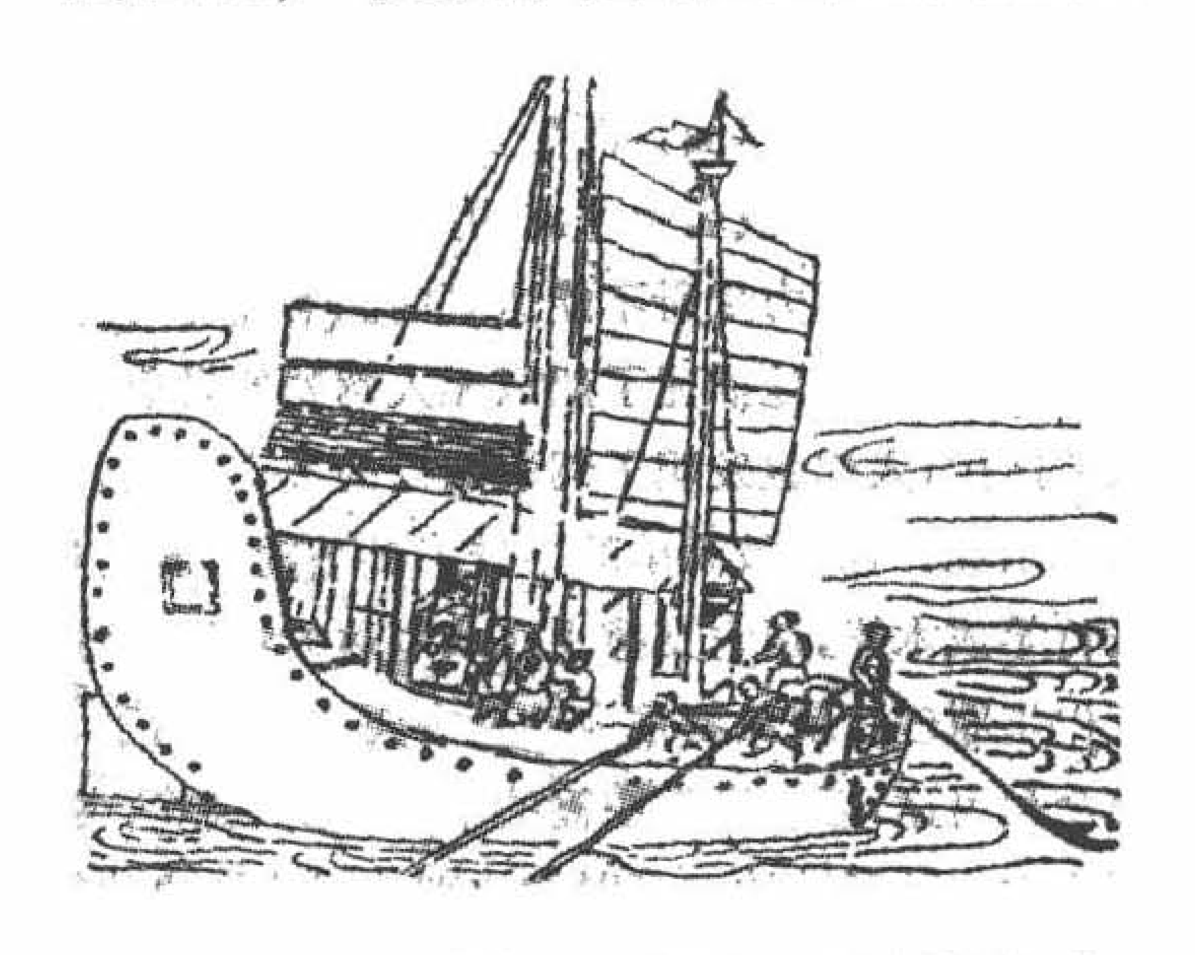
一 篙

船舶不仅要浮在水面，而且要能在水上按照人们的意愿航行，例如逆水行舟，或者跟水流的方向成一个角度的侧向航行，这是单靠水流的力量所不能达到的。唐代韦应物的诗句“野渡无人舟自横”，形象地描述了船只无人驾驶的景象。因此，随着船只的产生，人们也发明了驾驭船只的推进工具。



元朝高克恭画中的撑篙图

最早出现、也是最简单的推进工具是篙。篙实际上就是一根长竹竿或木棒，用它支撑水底或岸边的物体，根据力的作用和反作用原理，使船朝推力的反方向前进。为了增加篙的使用寿命和用途，后来通常在篙的下端包上铁制的尖篙头，并且在篙头上安装了铁钩，可以钩住别的船或岸边的物体而使船移动。



《天工开物》船图上的撑篙走廊

由于篙的制作和使用都很简便，所以即使在其他推进工具发展起来以后，篙仍被普遍地使用，而且在长距离航行的大河船或海船上也都装有篙，以

便在浅滩航行或靠岸时候使用。为了便于用篙撑船，在大船的船舷或船尾部一般都特地修建有撑篙用的走廊，这是中国船只结构上独具一格的特点。

二 桨

桨又称“楫”或“桡”，它的问世几乎跟篙同时或稍晚。在我国古代，有“伏羲氏刳木为舟，剡木为楫”、“颛顼作篙桨”等传说。桨是一种上端是圆杆、下端作板状的木质划船工具。人手握圆杆，用桨板向后划水，通过反作用力推动船只前进。

早期的船只体积小，所需要的推力也小，因此使用的是短桨。在7000年前的浙江余姚河姆渡遗址、5000年前的浙江杭州水田畈和吴兴钱山漾遗址中，都发现有早期使用的短桨，尽管加工还比较粗糙，但是从桨板面积看，当时已经认识到划水面积越大，所产生的推动船只的力量也越大。短桨后来历代相沿，一直在小船上使用。



钱山漾出土的短桨

随着造船技术的进步，船体增大，干舷增高，短桨不适宜在大船上使用，因此出现了长桨。长桨实际上是短桨的延伸，就是桨杆和桨板两部分都相应加长。长桨用手很

难握持，因此利用杠杆原理，在船舷上设置桨座，把长桨架在桨座上，划起来既省力又方便。



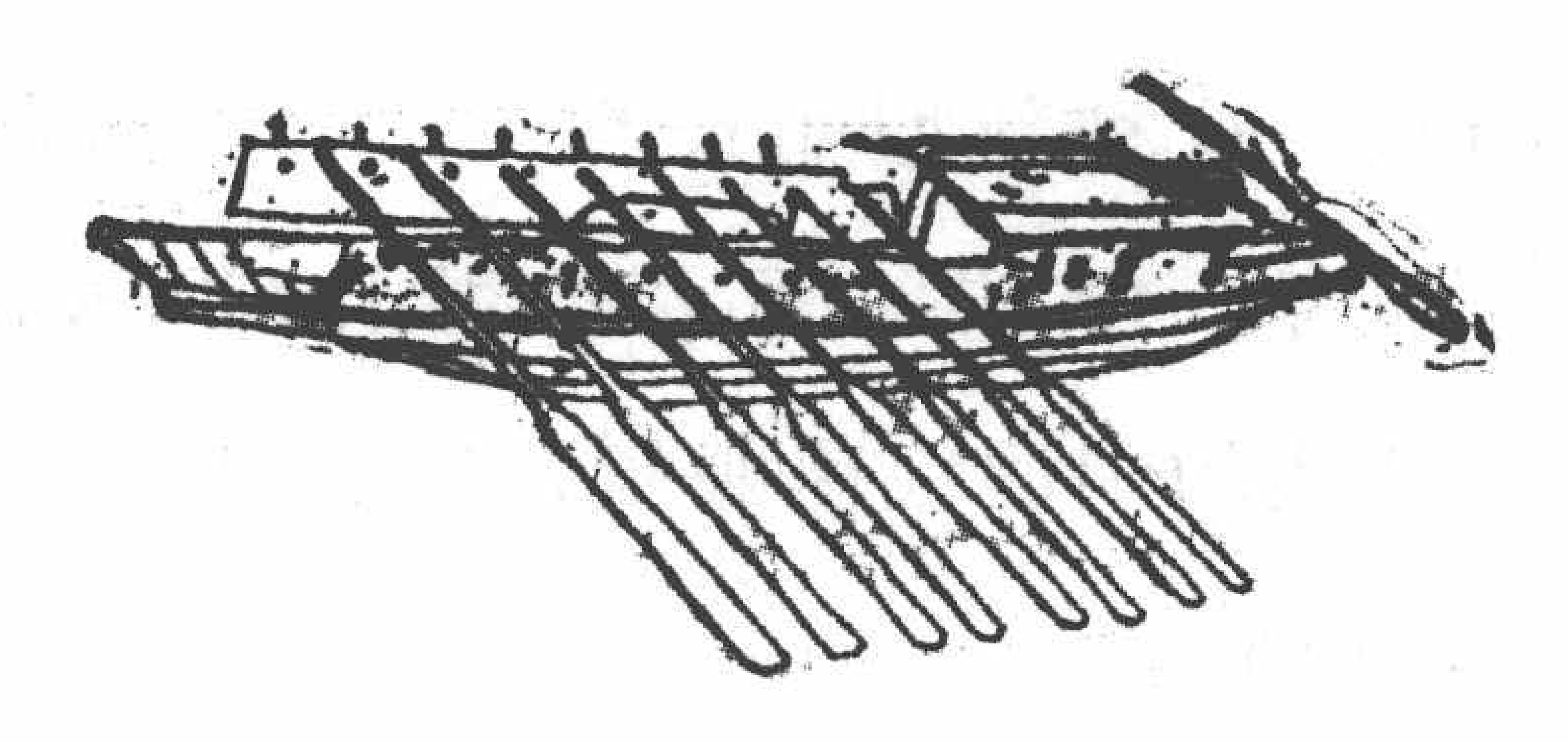
明朝谢时臣画中的划桨图

三　多桨船

除了小船以外，一般船舶都装设着多根船桨，船桨多少根据船只的大小而定。可是在军事上，有一种用来作战和水上巡弋的快艇，为了求得船行快速，特地在一些不太大的船只上装设比较多的船桨。在长沙的一座西汉墓中，曾经发现过木船的模型，上面有 16 支完整的长桨。梁朝侯景军中使用的一种高速快艇“鵃䑠”，有 160 支桨，进退迅速，当时人们形容它的快捷就像风电一般①。这是历史上出

① 《梁书·王僧辩传》记载：“又以鵃䑠千艘并载士，两边悉八十棹，棹手皆越人，去来趣袭，捷过风电。”鵃䑠（diǎo liǎo），船名。

现过的船桨最多的快艇。



长沙汉墓出土的船模



《武经总要》上的游艇图

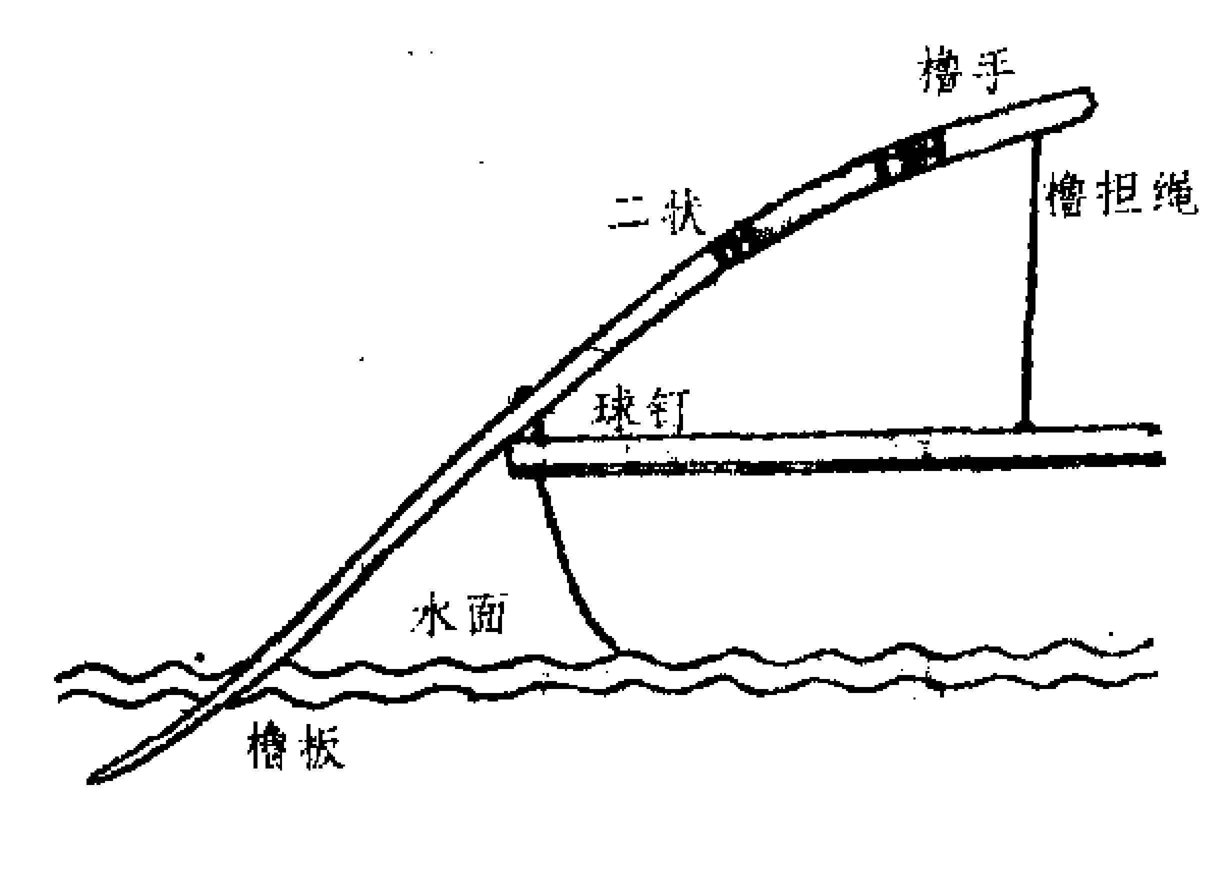
后来，快艇的船桨一般都在40支到60支之间。

1169年，南宋的水军制造了一种综合型的新式多桨船。它的形制是湖船底，战船盖，海船头尾。湖船底是平底，可以在比较浅的泥沙水域行驶；战船盖可以迎敌；海船头

尖，利于破浪，可以说这是一种综合各种船型之长而设计出来的新型船只。这种新型船长八丈三尺，阔两丈，可以载重800料（相当于48吨），可以载甲士200人，船上用桨42支，是一种新式的中型快速舰艇，性能极佳，往来快捷，江河湖海都可以行驶。

四 橹

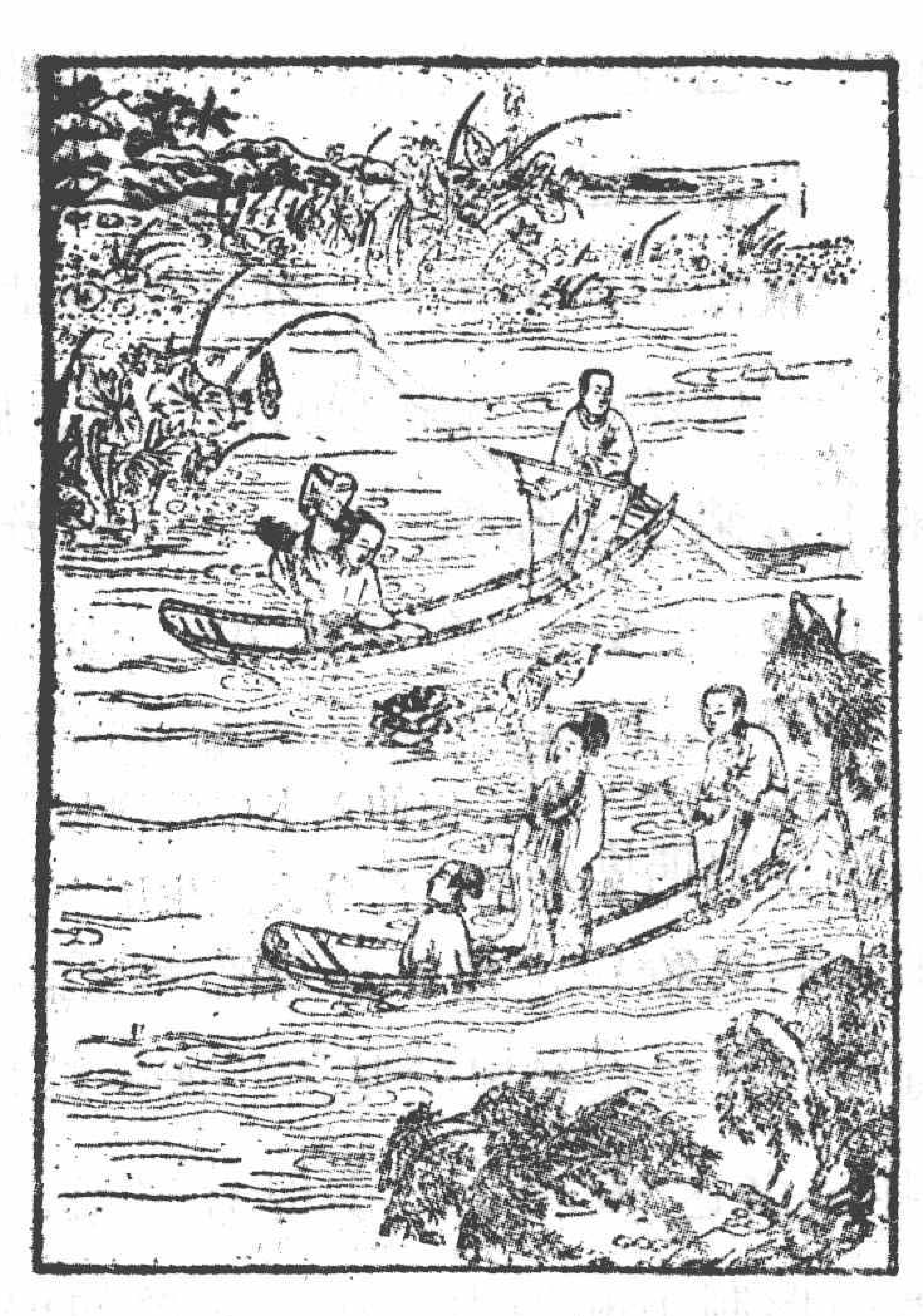
用桨划水使船前进，只有划水的时候做有用功（实功），而在桨离开水面以后的整个过程都做无用功（虚功），浪费很多人力。能否找到一个巧妙的办法，使划动省力又能连续做有用功呢？人们不倦地探索着。鱼儿在水中游动，是靠摇动尾巴前进的。人们从中得到启示，发明了橹。关于这件事，人们还编造了传说故事，说巧匠鲁班看到鱼儿摇动尾巴前进，就削木为橹。传说当然不一定就是事实，但是它却反映了橹是依据鱼儿摇尾前进的道理而发明的。



橹的示意图

橹在历代史书中又写作“艪”、“⿰木虏”“艣”、“樐”，它的形制可以说是长桨的改进。橹的外形有点像桨，但是比较大，支在船尾或船侧的橹担上，入水一端的剖面呈弓

形，另一端系在船上。用手摇动橹担绳，使伸入水中的橹板左右摆动。橹摆动的时候，船跟水接触的前后部分会产生压力差，形成推力，推动船只前进，就像鱼儿摆尾前进一样。橹从桨的间歇划水变成连续划水，提高了功效，因此有“一橹三桨”的说法，意思是橹的效率可以达到桨的三倍。陆游更用“健橹飞如插羽翰”的诗句，形容用橹推进的船像飞箭一样快。而且橹巧妙地利用杠杆原理，只要



明朝汪懋学画李白《莲花》诗中的妇女摇橹图

来回摇动橹担绳索就可以推动船只前进，减轻了用桨划水要把桨提出水面的笨重劳动，所以被形容是“轻橹健于马”。橹轻巧得连老人、妇女都能操纵，李白的《莲花》诗云：“轻桡泛泛红妆，湘裙波溅鸳鸯”（桡的原意是船桨。

在明朝汪懋学画的李白《莲花》诗画中指橹)，形象地描绘了妇女欢快地摆橹在莲池中采莲嬉戏的图景。这种结构简单而又轻巧且高效率的船舶推进装置，是我国造船和航行技术中的一项杰出成就，是我国对世界造船和航行技术史的一项重大贡献。它为举世所赞叹，有人称它“可能是中国发明中最科学的一个”，是一点也不过分的。

橹是在什么时候发明的，现在还无法确定。在长沙出土的西汉船模中，已经有一支橹，长度是桨的两倍，说明至迟在公元前一世纪橹已经问世了。1953 年，在广州发现了一只西汉末、东汉初的木船模，可惜因为结构散乱和小木腐蚀，只能作部分复原。从复原的情况看，船上有重楼。可喜的是，船上有桨十支和橹一支，仍完好齐全。东汉刘熙在《释名》中说：“安装在船旁的叫橹。用力摇橹以后船就行驶了。”① 它反映早期橹是安装在侧舷上的，说明橹在汉朝已是船上重要的推进工具了。

在船舶的发展过程中，橹也相应得到了发展。橹的位置由在船旁演变到放置在船尾的尾橹，橹的数量增加，有 8 橹、10 橹，甚至多达 36 橹的，不但有尾橹，而且仍用旁橹。同时，橹的形制不断加大，从一人摇的橹逐步发展到两人、六人、十几人甚至二三十人摇的橹。北宋徐兢在《宣和奉使高丽图经》中所描述的客舟，就是“每只船上都

① 见《释名》：“在旁曰橹。橹，膂也。用膂力然后船行也。”膂（lǚ）指脊骨，膂力就是体力。

有十支橹，开船出航或者驶入港口，随潮航行或者经过湍急狭窄的海口，都是喊着摇橹的号子，摇橹而行。”① 元代阿拉伯人伊本·拔图塔在《游记》中也记载了中国船上的橹，有的“象桅杆一样大，要用十到十五人来工作”，而且“一定要站着”；而在沙船里大约有二十支橹，要三十个人面对面地站成两行，往来摇动。为了使每个人所出的力整齐划一，在摇橹的时候齐声合唱，经常是喊“啦、啦、啦”。伊本·拔图塔的《游记》，为我们描绘了一幅生动的摇橹图景，也使我们仿佛听到了橹手们合唱摇橹号子的声音。

由于橹的功能先进，它很快地得到了推广，不但在内河船中广泛使用，在海船中也得到了应用。宋朝以后的海船就大都是帆、橹并用的。正像明陈侃在《使琉球录》中所说，“张挂风帆，摇动双橹，船只航行的速度就象刚刚射出的箭一样。”② 帆、橹并用，把风力和人力结合在一起，更增加了中国海船的适航性，也大大加快了航行速度。

五　橹对欧洲的影响

橹是中国在人力推进工具方面的一项独特发明。由于

---

① 见《宣和奉使高丽图经》：“每舟十艣，开山入港，随潮过门，皆鸣艣而行。”
② 见《使琉球录》：“张帆施双橹，去势如脱箭。”

橹划行轻便，效率高，因此，在中国古代的航行中，从来没有像欧洲那样要用大量的奴隶或囚犯来划船。在17、18世纪，中国的橹曾经引起欧洲人的赞叹。17世纪末叶，来华的法国传教士李明曾经指出，中国人一般帆船的划行推进方式跟欧洲人不同。他们把一种长桨（指橹）系结在船上，位置偏在船的一侧，有时候还把另一种类似的长桨系结在船首（指首橹）。“他们像鱼类摇尾前进那样，先向外推送长桨，然后再向他们所站的方向拉回，根本不需要把长桨提升到水面上。这项工作在帆船里进行，连续左右横摇，使运动永不中断。而欧洲人把桨提出水面所花费的时间和劳力纯属浪费，毫无价值。”

英国海军首先对橹的作用给予关注，并且加以应用。1742年英国海军在改造船舰的试验中，曾经在一只小帆船上安装了“一组中国式摇橹”。1790年的英国海事发明中，曾经绘有一个被称为“两翼航海器”式“振动器”的设计图案，跟中国的摇橹相类似。还有人用蒸汽动力来推动这种装置，虽然没有成功，但是却从中得到了启发。1800年终于出现了有两叶螺旋桨的螺旋推进器，“好像在摇橹中的桨叶而跟转轴成一角度”。近代和现代普遍使用的螺旋推进器就从这里发端，并且迅速发展起来。

第四章

舟行共使风

一　帆的起源

人们在水上行船，常常要跟风打交道。风大浪急，可能会翻船；从船尾方向刮来的风，会使划行省力，并且加快航行的速度；可是顶风行船，不但费力，而且速度也慢。风对行船有弊也有利，能否利用风的有利方面，减少弊害，甚至变弊为利呢?

从日常的生活经验和对自然界的观察中，人们发现，物体所接受到的风力大小是跟物体的受风面积成正比的。也就是说，物体受风面积越大，所接受到的风力也越大。因此，要有效地利用风力来推动船只前进，就必须想办法增加船只的受风面积，来加大风对船只的作用力。经过人们长时间的摸索，终于发明了帆。正像李白在《行路难》诗中说的“直挂云帆济沧海”那样，帆成为人们在水上乘风破浪航行的得力工具。

帆又写作帆、颿，有时“篷”字也用来表示船帆。我国发明帆的时间，现在已无法知道了，但是我国使用帆的历史至少已有三千多年了。在商代遗留下来的甲骨文中，就经常能够发现帆的文字，这些文字写作Ⅱ、ㅐ等形状，好像张开的帆。从甲骨文关于帆字的字样，我们可以推测早期的帆是属于固定装置的方形帆。固定装置的方形帆制作简单，但是它只能有效地利用从船尾方向吹来的风，就

是顺风，对于来自两舷前方或两舷横向的风力，却无法利用，而且因为增大了侧向受力，航行困难，甚至会翻船，反而有弊；对于逆风更是有弊无利，只好收帆了事。这时，人们还只能利用顺风，也盼望着顺风，久而久之，“一路顺风”、“一帆风顺”就成了对出外旅行者的良好祝愿，人们至今仍在使用。

二　帆的演进

早期的帆尽管还存在种种缺陷，但是它毕竟标志着人类对一种自然力——风力的成功利用，正如东汉刘熙在《释名》中所说：“随风张挂帐幕叫做帆，能够使船只快速前进”①。帆的利用，大大地减轻了航行中繁重的体力劳动。因此，帆的出现在水上航行史上是一件意义重大的事。从此，人们在利用风力的道路上不断地前进，帆的结构和性能也逐步得到改进和完善。

上面提到，最早的帆可能是方形的，而且是正装式样，固定在船桅上，因此只能利用顺风，要求一帆风顺。但是自然现象是纷繁复杂的，风向也是飘忽不定的，一帆风顺的机遇比起侧风、斜风、顶风等来要少得多，因此正装方形帆对风力的利用有很大的局限性。于是，人们就逐步改

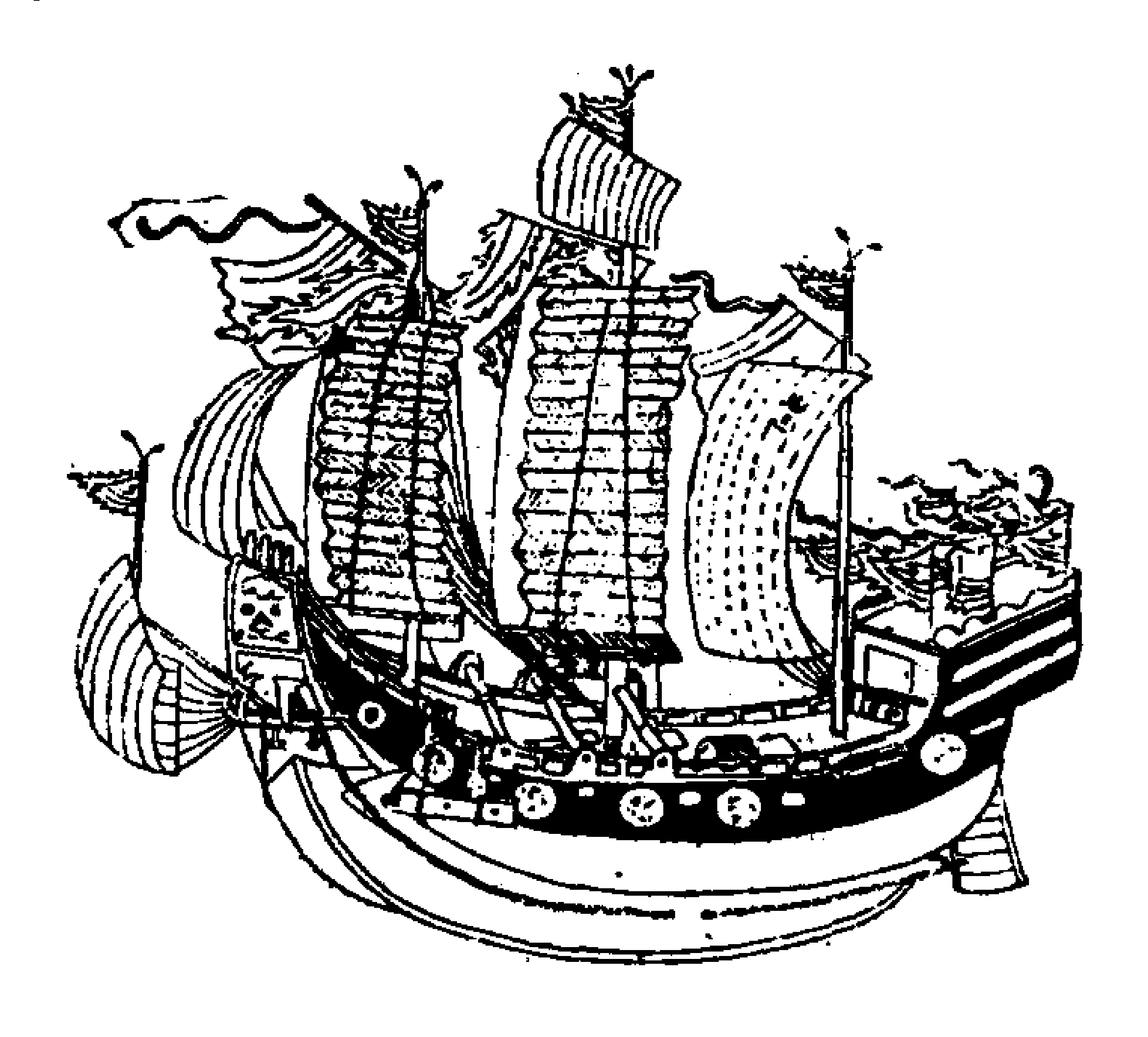
---

① 见《释名》：“随风张幔曰帆，使舟疾泛泛然也”。

变了帆幕的装置方式，首先是使两边对称的正装方式，改变为两边不对称的斜装方式。这种不对称的斜装方式，由于两侧的受风面积不同，形成了一个压力差，可以接受侧后方的来风，推动船只前进。以后，更发展成为性能良好的中国式梯型帆，这在后面再介绍。

在帆的装置方面，也逐步得到改进。人们通过帆索结构的改进，使原来只能作固定方向张挂的帆幕，可以随着风向的改变而改变张挂方向。因此，帆从只能利用顺风或侧后风，逐步发展为“风有八面，唯当头不可行”，并且进而发展到能够“船驶八面风”。

随着造船技术的发展，为了更有效地利用风力，船桅和船帆的数量也相应地有所增加，从单桅船发展为双桅船、三桅船、四桅船，甚至五桅以上的多桅船。在我国宋元时期的海船中，一般都是三四桅，在一根桅上还经常挂多张帆幕。帆幕既有利用顺风的方形帆，也有利用其他风向的梯形帆。在风小的时候，为了招风，还在桅顶高处设置“野狐飒”（俗称“头巾顶”），在沿海流传有“头巾顶可以提吊船身”，使船行轻快的说法。徐兢在《宣和奉使高丽图经》中所描绘的客舟上，就有



《琉球国志略》中的航海帆船图

“大桅樯高十丈，头桅樯高八丈，顺风的时候张挂五十幅帆幕，风稍偏的时候就使用‘利篷’，象鸟翼左右张开，以利用风势。大桅樯的顶部另外还有小帆幕十幅，称做‘野狐飒’，在风停息的时候可以用它来招风。”① 为了观测风向，在桅杆顶端一般都设有三角形小旗——“定风旗”，从定风旗飘扬的方向，就能知道刮的是什么方向的风。

增加船帆的数量，在一根桅杆上挂多面帆幕，可以更充分地利用风力。但是事物总是具有两重性的，在船帆增加的同时也增加了甲板上桅、绳结构和操作的复杂性，加重了船工的劳动。如果遇到风暴突然袭来，来不及收帆，就有折桅翻船的危险。因此，15 世纪以后，我国帆船的风帆逐步简化，一般是一桅挂一帆，只是采用加大帆幕面积的方法，使它既能充分利用风力，又方便操作，节省劳力。

在帆的升降方面，也有所创造。一般的大船桅顶都装有滑轮，在甲板上设有绞车，利用帆绳把滑轮跟绞车连成一个系统，升帆的时候只要转动绞车，利用滑轮作用就可以很轻快地把船帆张开。收帆的时候只要利用帆的自身重量，或仍利用绞车就可以很容易地把帆收起。

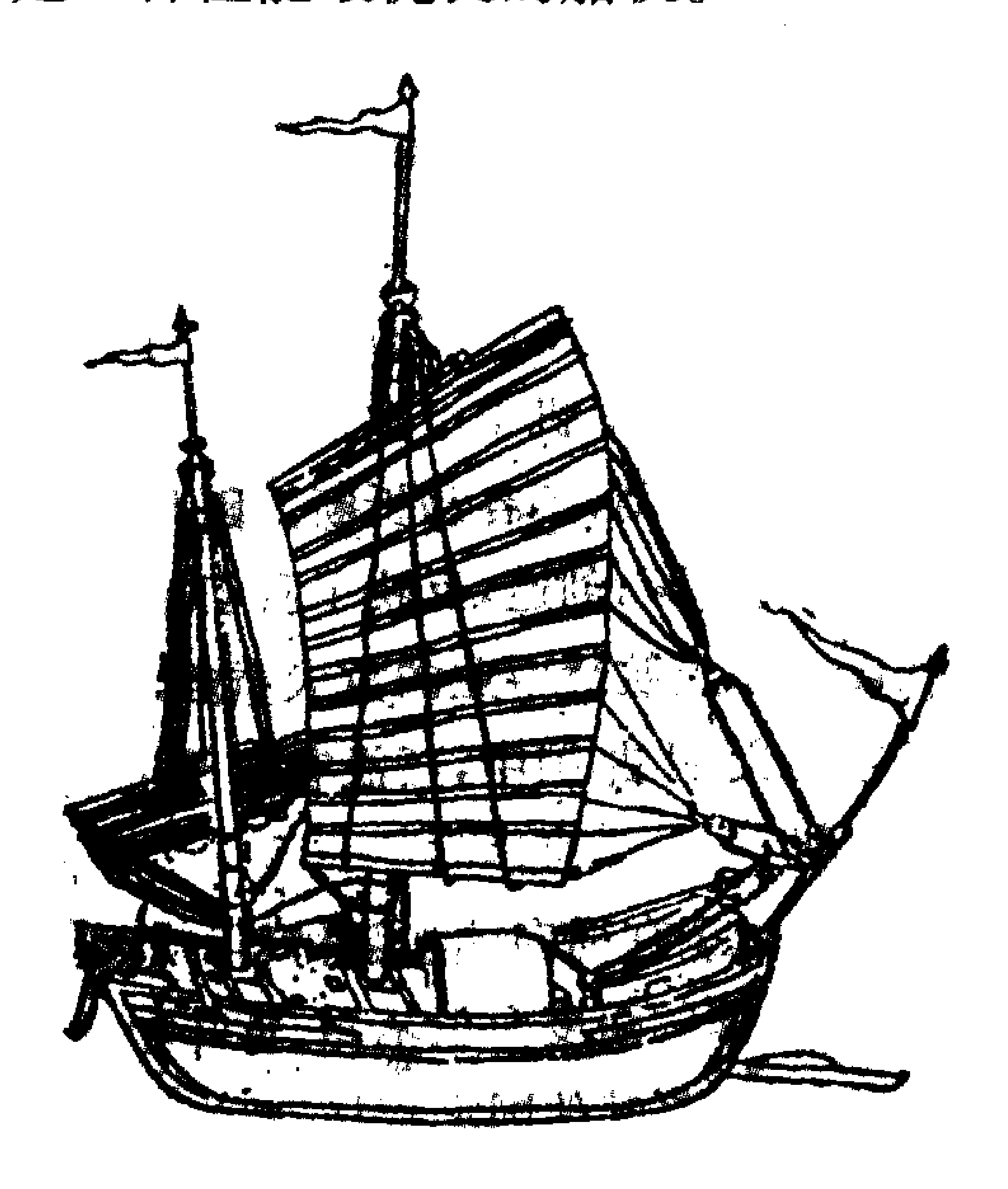
---

① 见《宣和奉使高丽图经·客舟》：“大樯高十丈，头樯高八丈，风正则张布飒五十幅，稍偏则用利篷，左右翼张，以便风势。大樯之巅，更加小帆十幅，谓之野狐飒，风息则用之。”

三　平衡式梯形斜帆

“水国无边际，舟行共使风”，各个国家在古代都曾经利用风力来行船。

但是各个国家的船帆都有各自的特色，中国的船帆也有自己鲜明的特色。李约瑟认为，“最具有中国特征的船帆，是属平衡（用横条）加强的梯形斜帆。”历史事实表明，平衡式梯形斜帆是我们祖先的一项重要发明创造，在古代世界中是一种性能最优良的船帆。

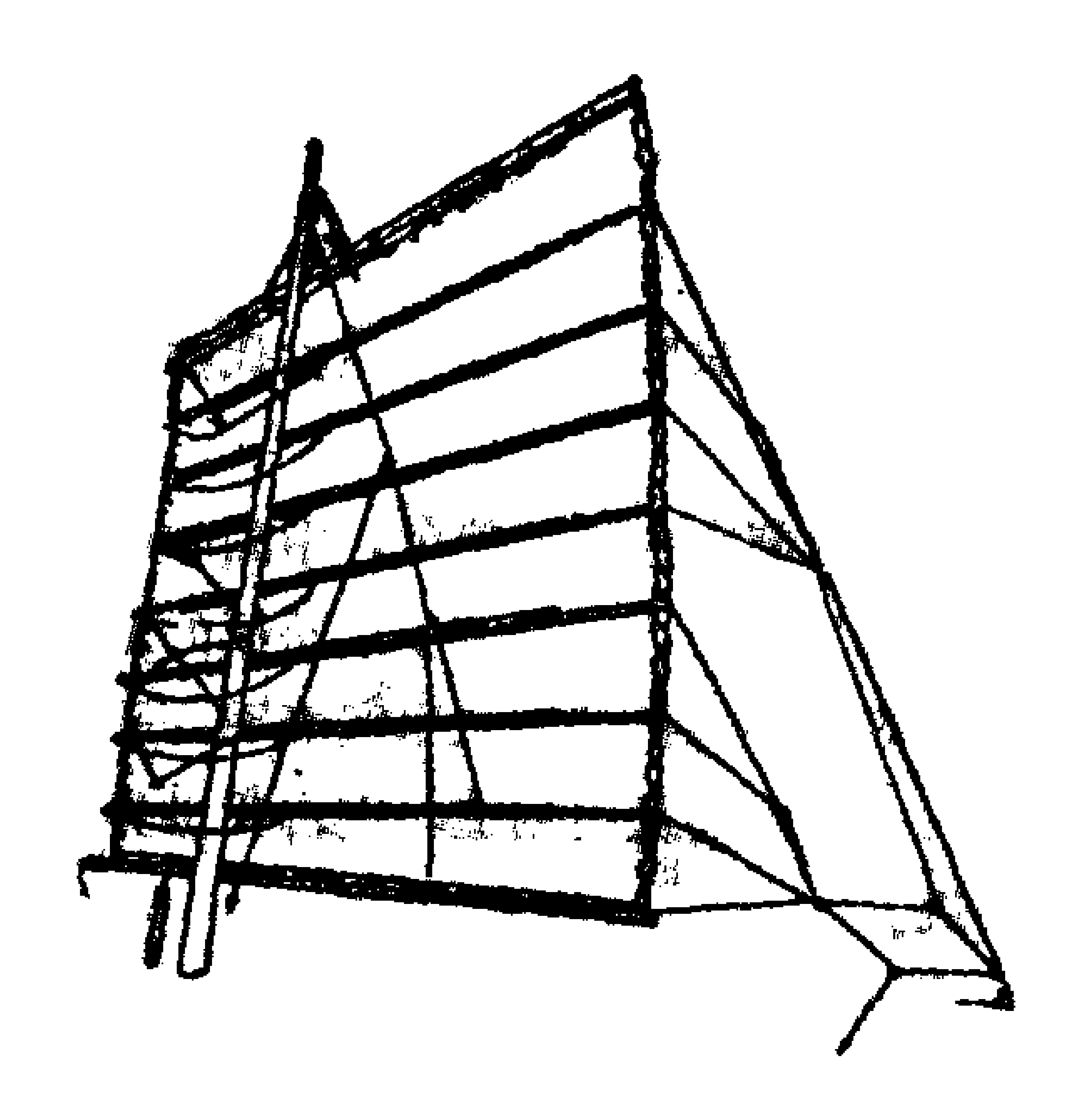


《河工器具图说》中悬挂梯形斜帆的帆船

平衡式梯形斜帆的一个最大特征，是用竹条平衡横向

安置在帆幕上，成为横向的加强材料。竹制横条的两端固定在从横桁向下悬吊的帆幕缘索上，构成一个升降自如的帆架结构。帆幕织物用绳索编结在帆架的周边和每根竹条上，使帆幕极为平整，收到最佳的受风效果。这种帆具有如下的优点：

首先，我国广大地区都有丰富的竹子资源，取材容易。竹子的自重轻，不会使帆架过重，又有很好的韧性和强度，能够经得住大风的吹刮，不容易折断。因此，可以说这是一项既经济又实用的设计和创造，反映了我们祖先的高度智慧和才能，也是我国对水上航行事业的重大贡献。



加横条的梯形斜帆示意图

在其他文明古国中，还没有采用过这种廉价材料和优良结构的船帆。

其次，由于有横向的加强材料，而且每根横条的间隔不大，因此对帆幕的强度要求不高，竹叶和其他植物叶子都可以编织成帆幕，不像其他国家那样，船帆一定要用强度比较高的织物来做。这种帆架结构还可以防止帆幕被撕裂，而且即使是帆幕上有许多破洞，也仍旧可以收到良好的受风效果。

再次，由于每条横竹上都有绳子系结，使整个船帆可

以折叠，既能够整幅折叠，也可以作梯级性缩折，桅顶又有滑轮跟帆索结成一有机整体，因此升降快速方便，而且可以根据风力大小和航行需要来调整帆的张挂程度。就像宋应星在《天工开物》中所说："当调节得准确顺当又遇到顺风的时候，把帆挂到最顶端，船行就快得象奔马。但是如果风力不断增大，就要逐渐减少帆叶。风很猛的时候，只带一两叶就足够了。"[①] 不像其他国家的船帆，要么全部张挂，要么全部收起，而且张、收都得靠人爬上桅杆去作业，既危险又费力。

正是这种优良的帆结构，使中国船舶的船体结构更加完善，航海性能更加优越。李约瑟评价说："在人类利用风力来推进船舶的各项首要成就中，中国的平衡式梯形斜帆确是名列前茅的。"

四　帆幕的构成材料

上面所提到的帆中有"布飒"和"利篷"之分，这是由于帆的构成材料不同而出现的名称差异。

所谓"布"，在北宋以前并不是指现在用棉纱织成的布。当时，我国的棉花种植并不普遍，棉布是一种高贵的

---

① 见《天工开物·漕舫》："调匀和畅顺风则绝顶张篷，行疾奔马；若风力洊至，则以次减下；狂甚则只带一两叶而已。" 洊（jiàn）至，一次又一次地到来的意思。

奢侈品，只有皇室和达官贵人才有少量的棉织物。民用织物一般都是麻织品。因此，布帆应该是指用麻布做的帆。当然，统治者为了炫耀自己，在官船上的布帆也有用丝织品制作的。南宋以后，由于棉花种植日渐推广以及棉纺织业的兴起和发展，棉布的使用日益普遍，棉布才逐渐成为船帆的制作材料。

在中国古代，帆幕一般是用竹叶、篾片、棕榈枝叶以及芦苇等天然植物原料编织的席篷。晋木华的《海赋》中有"于是候劲风，揭百尺，维长绡，挂帆席"的句子，帆席就是用席做的帆。宋陆游的《剑南诗稿·舟中作》有"籧篨作帆三板船"的诗句，籧篨（qú chú）就是用苇或竹编成的粗席。海船因为海上风浪大，要求帆幕具有比较高的韧性和强度，所以大都是用竹篾编造的。宋应星在《天工开物》中记载，"风帆是用篾片编织的，每编成一块就要夹进一根带篷缰的篷挡竹做骨干，一块一块折叠起来，等待需要用的时候悬挂。"① 这说明直到明朝，用竹篾编成的船帆还在普遍使用。

尽管在我国史籍中有不少关于竹帆的记载，但是历史上的竹帆究竟是什么样子，却迟迟没有发现实物。近年来，在对古船的挖掘工作中，出土了竹帆的残片，才填补了实物方面的空白。1974 年，在泉州湾后渚宋朝海船上，曾经

---

① 见《天工开物·漕舫》："凡船篷，其质乃析篾成片织就，夹维竹条，逐块折叠，以俟悬挂"。

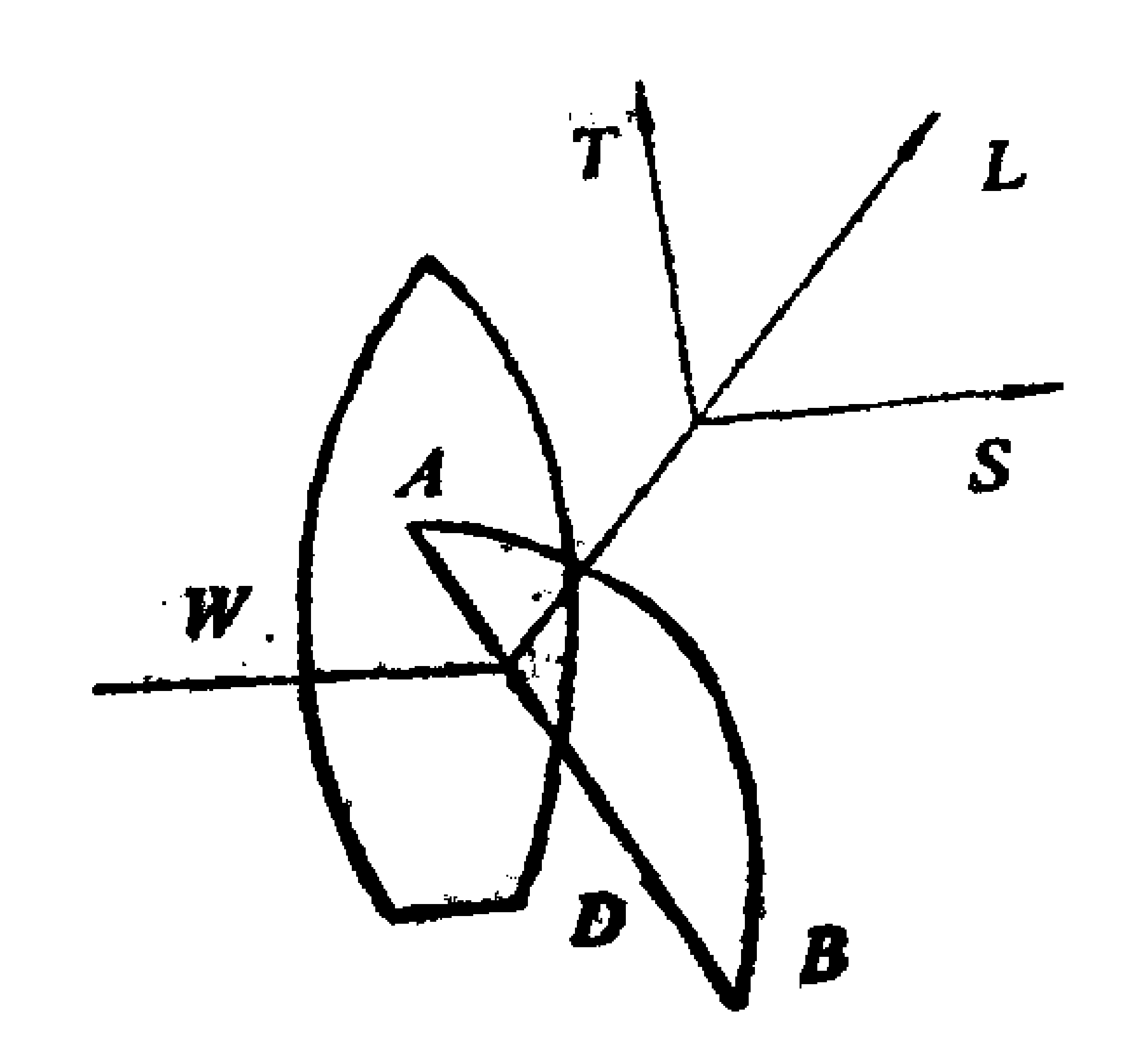
发现有六角形的竹编。1982 年，在泉州法石的宋朝海船上，又发现了较大面积的竹帆残存，为人们提供了宋朝竹帆的珍贵实物样品。这些竹帆残存物呈多幅折叠，大致是处在收帆所叠的状态，它的表面是六角形竹编，是用 6 条篾片编织的，篾片宽约 0.5 厘米，厚 0.1 厘米，编织细致工整。竹编中间夹铺竹叶，两边用直径两厘米的竹管封边加固。在竹帆上夹缠着麻织绳索，绳索分粗细两种，都由两股拧绞而成，非常结实。细绳是连结封边竹条跟竹编所用，粗绳每股中都夹有一条宽约 0.3 厘米、厚小于 0.1 厘米的藤皮或竹皮，用来增加强度，大概是用作帆索的。竹帆实物的发现，既印证了史籍文字记载的正确性，又弥补了文字记载的不足，显示了我们祖先利用自然界现成植物制造船帆的高超技能。

五　船驶八面风

从只能利用顺风到能够利用侧斜风，又进而能够八面来风都可以利用，这不但是航行技术的进步，而且是人类对力的认识的发展和巧妙运用。

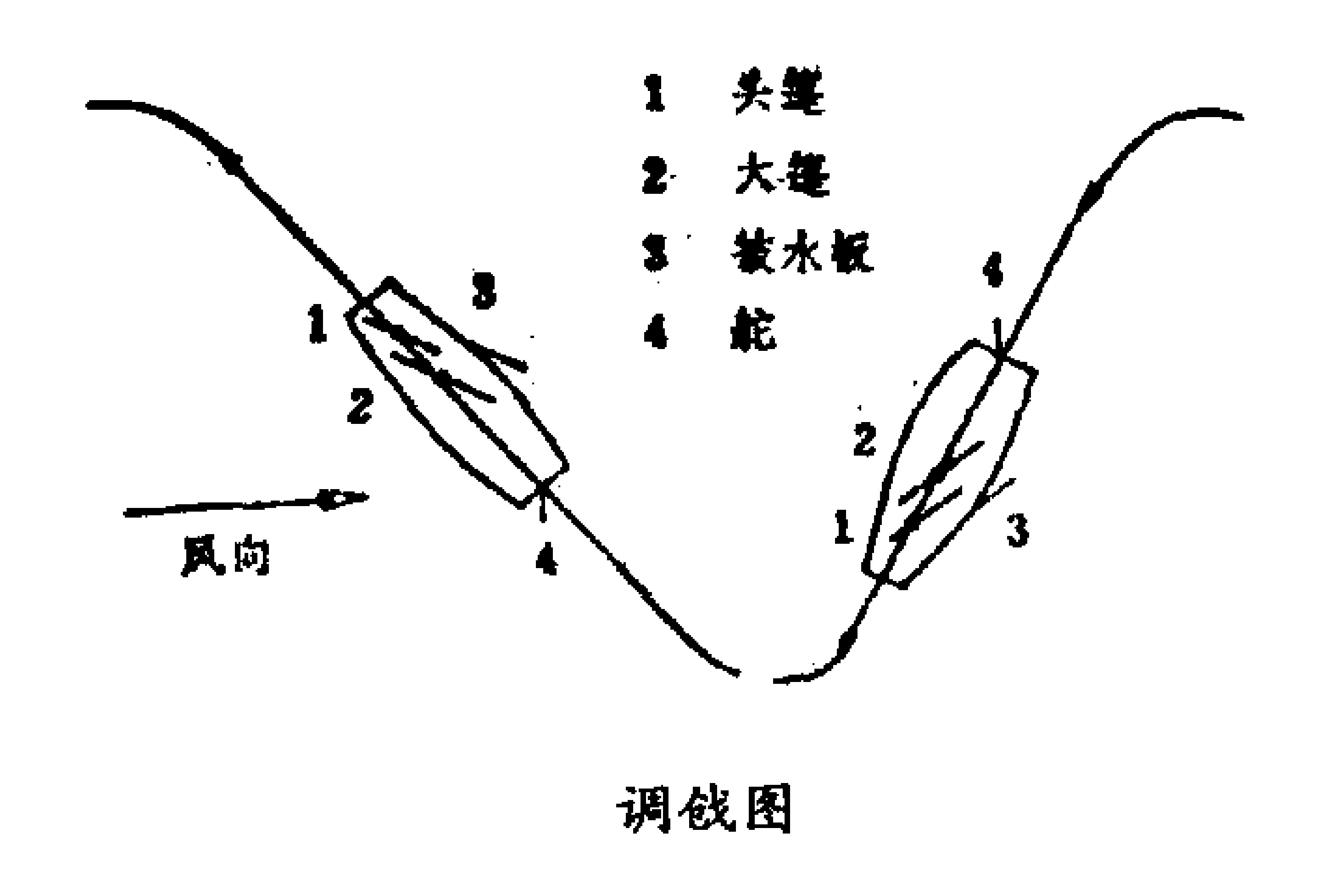
要利用侧斜风，就需要有分力和合力的认识。尽管中国古代对它们的认识还是经验性的，没有理论化和系统化，但是我们的祖先却成功地把这一经验性认识变为实际应用，这可以说是一项重大的科学和技术成就。如图所示，当侧

斜风 W 吹到船帆 AB 的时候，从力的平行四边形法则可以知道，风力将分解成 L 和 D 方向的两股分力，L 方向的分力可以推动船只前进，在船只航行的时候，L 分力还可分解成 T、S 两个分力，T 是有效地推动船只前进的分力，S 却是推动船只侧向移动的分力，要使船只沿着前进的方向航行，只要调整船行方向，使船头方向跟 S 方向相反就行了。这种调动船头方向的过程，在航行中称为“调戗（qiāng）”。也正是依据这个原理，不但可以利用侧风、斜风，也可以利用顶头逆风。在遇到顶头逆风的时候，只要用调戗来改变船头的方向，走之字形，就可以把顶头逆风变成侧斜风，使船前进了。



侧斜风航行示意图

此外，风吹船帆还会产生一股升力，特别是海上风大，升力太大就会翻船。为了降低风压中心，减弱升力，海船一般是把帆幕制成短而宽的形状，或是上狭下宽的形状。同时，通常还在帆的下部再加“篷裙”，就可以更有效地降低风压中心。



调戗图

我国这种利用八面风力的技巧，远远走在世界前面。

12 世纪初，我国航海中已做到只有当头风不可行，其他方向的风力都能利用了①。可是西方的帆船到 16 世纪才达到这个水平，而那时我国又能“调戗使斗风”，能逆风行船了。

六 披水板和中插板

上面提到的 S 向横向推力，除了用调戗方法使船只朝所需要的方向前进外，我国古代还发明了披水板，来减弱横向推力。披水板通称欁头，又称副舵、腰舵，也称做浮板或下风板。

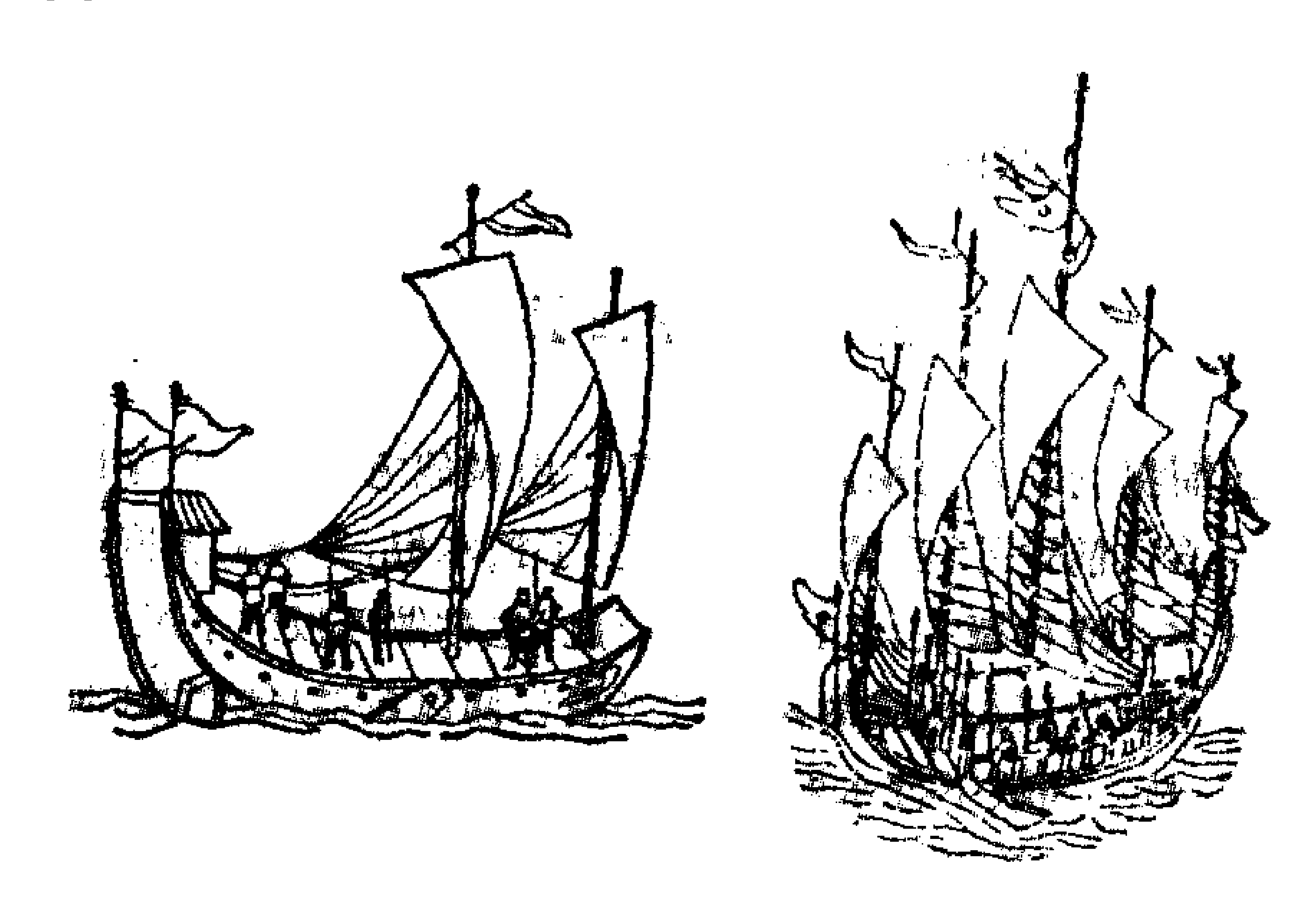
披水板装置在船舷的两侧，当受到侧风或斜风吹刮的时候，在下风方向放下披水板，可以削弱横向的推力，减少船只横向漂流和偏移。宋朝的《武经总要》中在谈到海鹘（gǔ）船的时候说：“船弦的左右两侧装置浮板，形状就象海鹘的双翅一样，起稳定船只的作用，即使遇到狂风怒涛，也不会有倾覆的危险。”② 明朝宋应星的《天工开物》也记载：“船中间的大横梁伸出几尺，以便插进腰舵，这些都是相同的。腰舵的形状和尾舵不同，它是用宽木板砍成

---

① 宋·徐兢：《宣和奉使高丽图经》卷三十四《客舟条》曰：“风有八面，唯当头不可行”。

② 《武经总要》的原文是：“舷上左右置浮板，形如鹘翼，翅助其舡，虽风涛怒涨，而无侧倾覆背。” 翅（xié），进的意思。舡（xiāng，又读 chuán），就是船。

刀形，插进水里，并不转动，只是起平衡船身的作用。”①也就是说，披水板的装置，增加了船舶遇风浪时航行的稳定性，可以防止船受横向推力而发生倾覆的危险。同时，由于横向推力减弱，也更便于调戗变换船身的方向，正如《天工开物》中所说：“如果船身太长而横向吹来的风又猛，舵力不那么够用，就要赶快放下吹风一侧的那块披水板，以抵消风势。”②



沙船上的披水板

披水板起源于9世纪以前的唐朝，可能是受水鸟在浮动的时候利用两翼起平衡作用的启示而发明的，当时的海鹘船两舷就装置了浮板。宋朝的海鹘船每侧的浮板有四到六具的。到明代，简化成一具。

---

① 《天工开物·海舟》的原文是：“中腰大横梁出头数尺，贯插腰舵，则皆同也。腰舵非与梢舵形同，乃阔板斫成刀形，插入水中，亦不捩转，盖夹卫扶倾之义”。斫（zhuó），砍的意思。捩（liè），扭转的意思。

② 见《天工开物·漕舫》：“船身太长而风力横劲，舵力不甚应手，则急下一偏披水板，以抵其势。”

除披水板外，如宋朝客舟中，在两舷侧“用大的竹子捆缚成口袋形状来抗拒风浪”[1]；明朝沙船设置竹制太平篮，平时悬挂船尾，遇风浪的时候装石块放置水中，也能起到披水板的作用。在明清时期，在船舶上又出现了中插板，就是在船底增设两根梗水木，它跟船尾升降舵配合使用，能够有效地减少船舶横向漂流偏移，保证船只在航线上正常航行。

① 见《宣和奉使高丽图经·客舟》："缚大竹为橐以拒浪"。

第五章

凌波纵舵

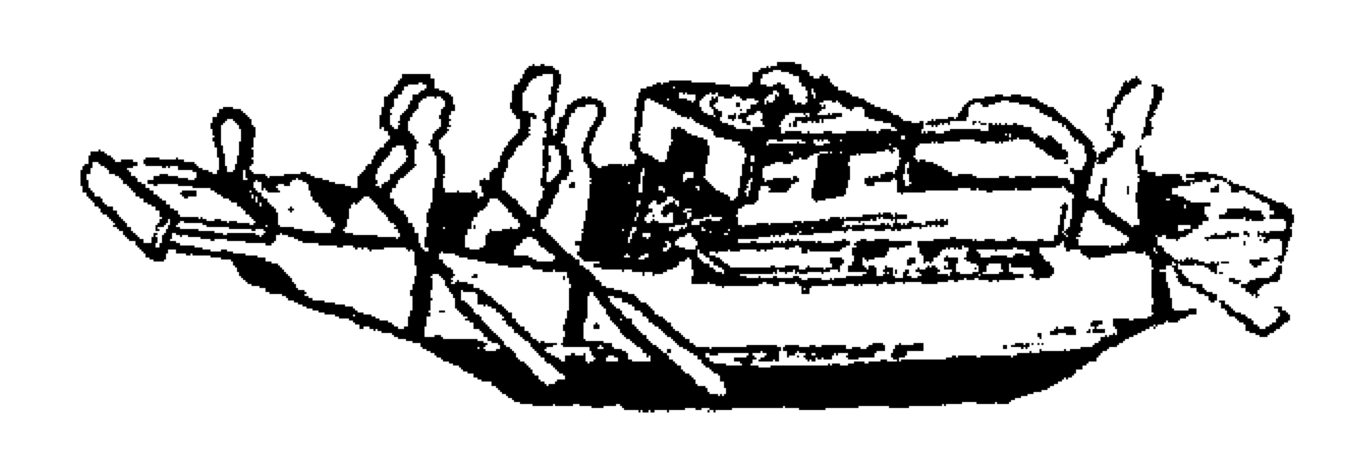
一　从划船到舵桨

船舶在水中航行，单靠水流或风力是永远也到达不了目的地的。航行中遇到浅滩或礁石，如果不绕行，船舶就会搁浅或触礁。因此，准确地掌握和控制船舶的航行方向，是航行中一件首要的大事。

在航行的初期，由于船只比较小，一般是利用篙、桨来直接控制船行方向的。这只要用改变篙撑持的方向，或变换桨的划行方向，就可以很容易地做到。也就是说，篙跟桨既可以作为推进工具，也可以作为制导方向的工具。但是，随着船只的活动范围扩大到深水区域，篙用不上了；而船只体积增大，桨的数量增加，需要许多人来划，大的桨得几个人才能划动，这时候桨要兼负推进和制导方向的职能，操纵起来就很不容易了。于是，桨分成两种，一种专管划行，一种专管控制方向。专管控制方向的桨称为舵桨，它的位置逐渐从船舷移到船尾中央，成为尾桨，操纵方向也逐渐从划动改变为不离开水面的左右摆动。这是后世导向装置——舵的前身。

专管控制方向的舵桨，大约在3000多年前的商朝就已经使用。在甲骨文中，有⿰舟攴、⿰舟支等字，《说文》解释为“象舟之旋”。这意味着它是使船改变航向的工具，可能就是关于舵桨的记载。1974年在湖北西汉墓中出土的木船模型上

有五支长桨，都有桨叉，其中四支在前侧，作为划桨用，另一支在靠尾部的舷边，作舵桨用。随着专管控制方向的舵桨的出现，它已不需要划水的性能，因此它的外形和性能也逐步改进。1955 年在广州西汉末年墓中出土的木船模型上，跟划行用的长桨不同，舵桨的形状已改成桨翼短而宽。这样，就增大了桨翼伸入水中的面积，增强了控制方向的性能，可以更有效地控制船行方向。



江陵汉墓木船模

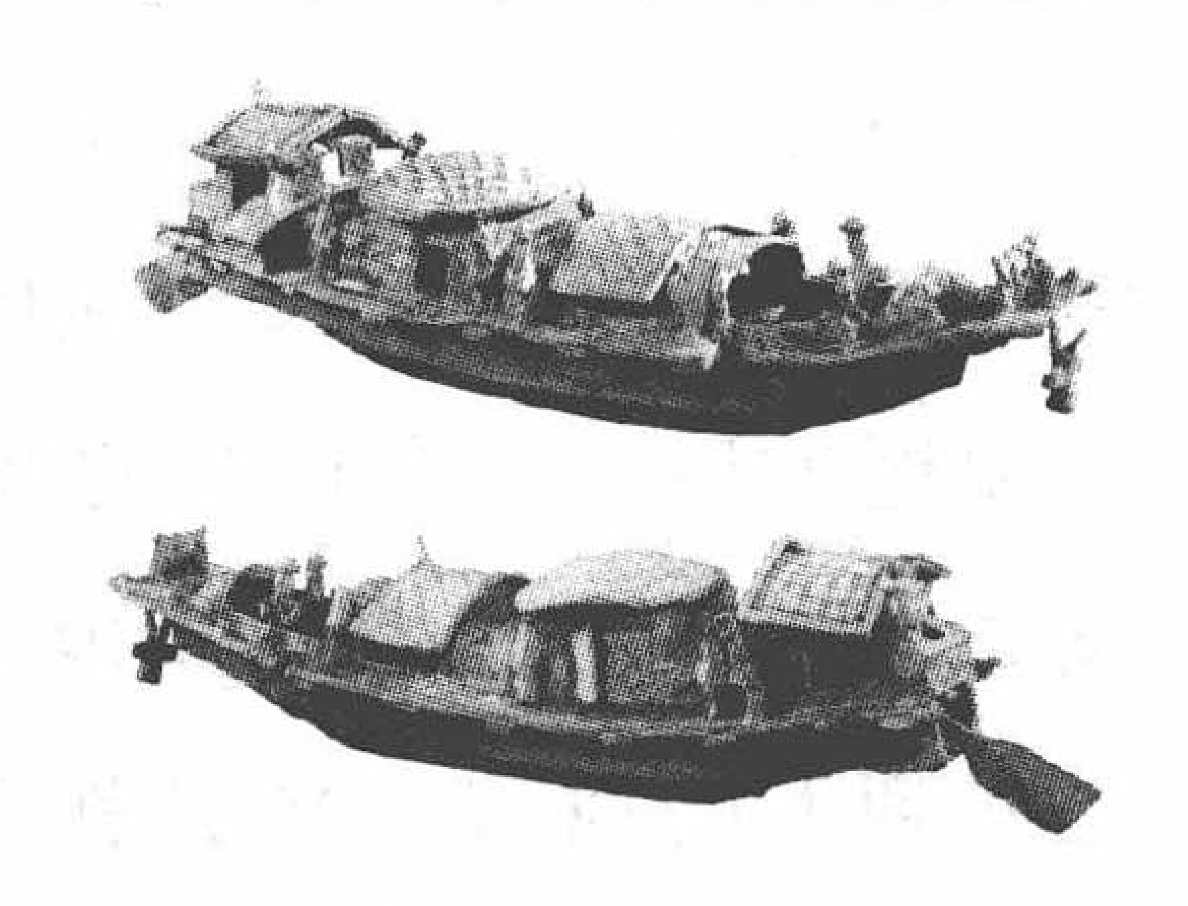
尾舵桨虽然已经可以比较有效地控制航行方向，但是它还存在一些重大的缺陷。例如，尾舵桨长长地伸在船尾的后面，在狭窄的航道或靠岸的时候就不容易操纵。又如，大型船舶的桨翼也要扩大，操纵起来很费力，尤其是遇到大的风浪，操纵就更困难了。因此人们进一步改进了舵桨的形状，同时逐步改变安装方式，终于产生了真正的舵。

二　舵的问世

舵在古代典籍中，又写作柁、舵、柂，也写作杝。舵的问世时间，现在尚没有定论。但是，从 1976 年广西贵县罗泊湾西汉一号墓中出土的一铜鼓，上刻有一龙舟竞渡纹饰，该舟已有舵和木椗，而且比较成熟。1983 年广州西汉

南越王墓出土的一个铜提筒上，也刻画有带船尾舵的龙舟图案。这是现知最早的关于舵和椗的图像，由此可以推断，舵的发明年代至迟应在公元前 2 世纪时。东汉刘熙所著《释名》一书的“释船”中记载：“船尾后的装置称为舵。舵是拖的意思，在船后可以看到它拖在船尾。舵帮助船只，使它顺着航向行驶，不会偏离航向。”① 南朝的《玉篇》也说，舵是使船沿正确方向航行的木制设备②。

关于东汉时期舵的式样，史书没有明文记载。但是 1955 年在广州近郊的一座东汉墓中，出土有一只陶制船模型，船尾有一支舵，向我们提供了早期船舵的珍贵实物资料。这已是一支真正的船舵，舵面呈不规则的四方形，面积比较大，跟船尾舵桨已经没有相似的地方。舵杆用十字状结构固定，从船尾斜伸入船的后方，表明这已是一种轴转舵的装置。在舵杆的顶端有个洞孔，可能是用来安装舵把的。它应用杠杆原理，只要转动舵把就可以使舵面偏转，调节、控制船行的方向和路线。在舵面的后部也开了个洞孔，可能是靠岸的时候用来悬吊船舵的。这些，反映了当时已经有相当成熟的船舵装置了。



东汉陶船模型

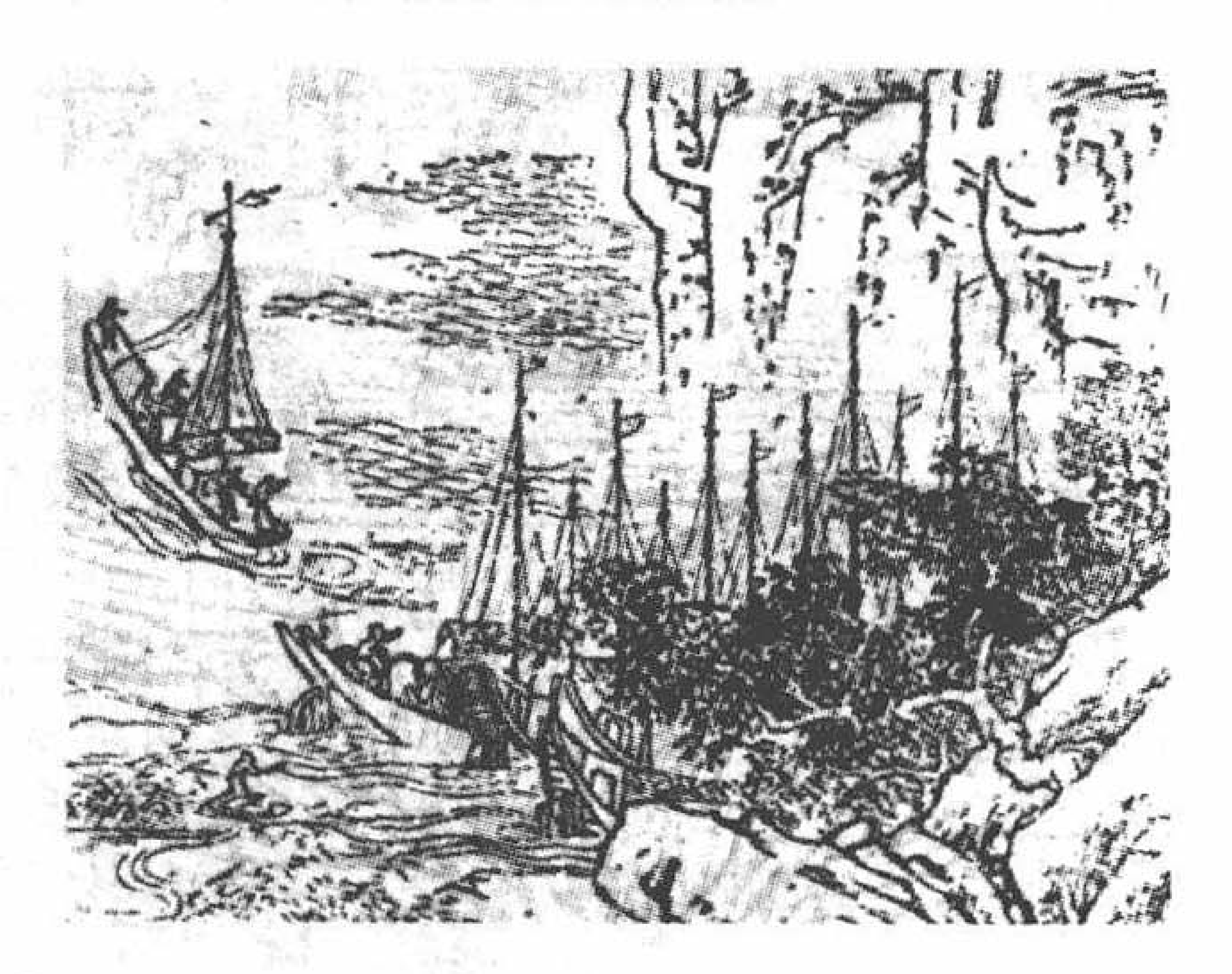
① 见《释名·释船》：“其尾曰柂，柂拖也，在后见拖曳也，且弼正船使顺流不他戾也。”弼（bì）是纠正、辅助的意思；戾通捩，是扭转的意思。

② 见《玉篇》：“舵，正船木也。”

三　舵的改进

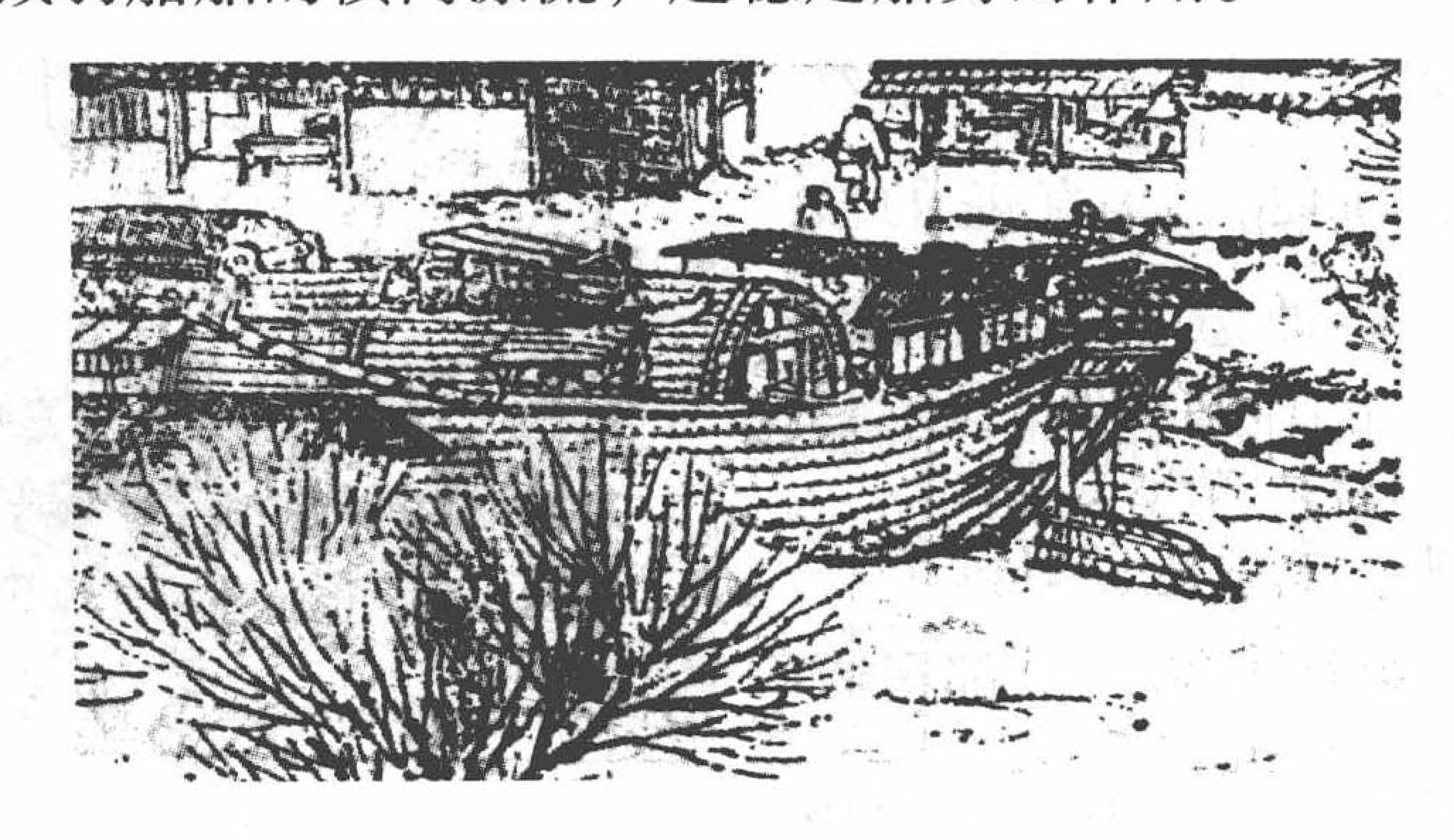
早期的舵柱斜伸出船尾，在船后形成一个比较长的凸出。为了弥补这个缺陷，人们对舵的装置作了改进，把舵柱从船尾斜伸出改为垂直伸进水中；舵面跟舵柱的连接位置，也由舵面中部移到边上。这种舵称做垂直舵。

我国船舶独特的尾部结构，正好便于垂直舵的装置。在某种意义上也可以说，正是中国船舶独特的尾部结构，导致了垂直舵的产生。中国的船舶一般都是首尾起翘的，特别是尾部起翘得更厉害，而且一般在尾部后端边缘呈弯月形，两舷的大欐（liè，两舷前后纵向通材的称呼）突出船尾，不密封，成为安装垂直舵的理想地方。后来就在尾端修建舵楼，用来操纵船舵。


唐朝郑虔画中的垂直舵

由于航线上的水有深有浅，舵逐渐演进成可升可降的升降舵，可以依据水的深浅随时调节舵的高低。停泊的时候还可以把舵吊上，放置在舵楼中。大型船舶的舵是很大的，例如明代郑和下西洋所用的宝船的舵，舵杆长达 11.07 米。这样大的舵，单靠舵工来提拉升降是不可能的，因此

在舵楼上安装了辘轳，用来升降船舵。一般的大船都有几个舵。例如，宋朝客舟就有大小两个主舵，根据水的深浅交替使用，同时舵上还有副舵，供海上航行的时候配合主舵控制航向。又如明朝陈侃出使琉球的海船上设有四副舵具，其中三具是备用的，以防不测。海上航行遇到大的风浪，还可以把大主舵放到船底下，因为那里的水流不受船尾所产生的乱流和漩涡的影响，既可以提高舵的效能，又可以减弱船舶的横向漂流，起稳定船身的作用。



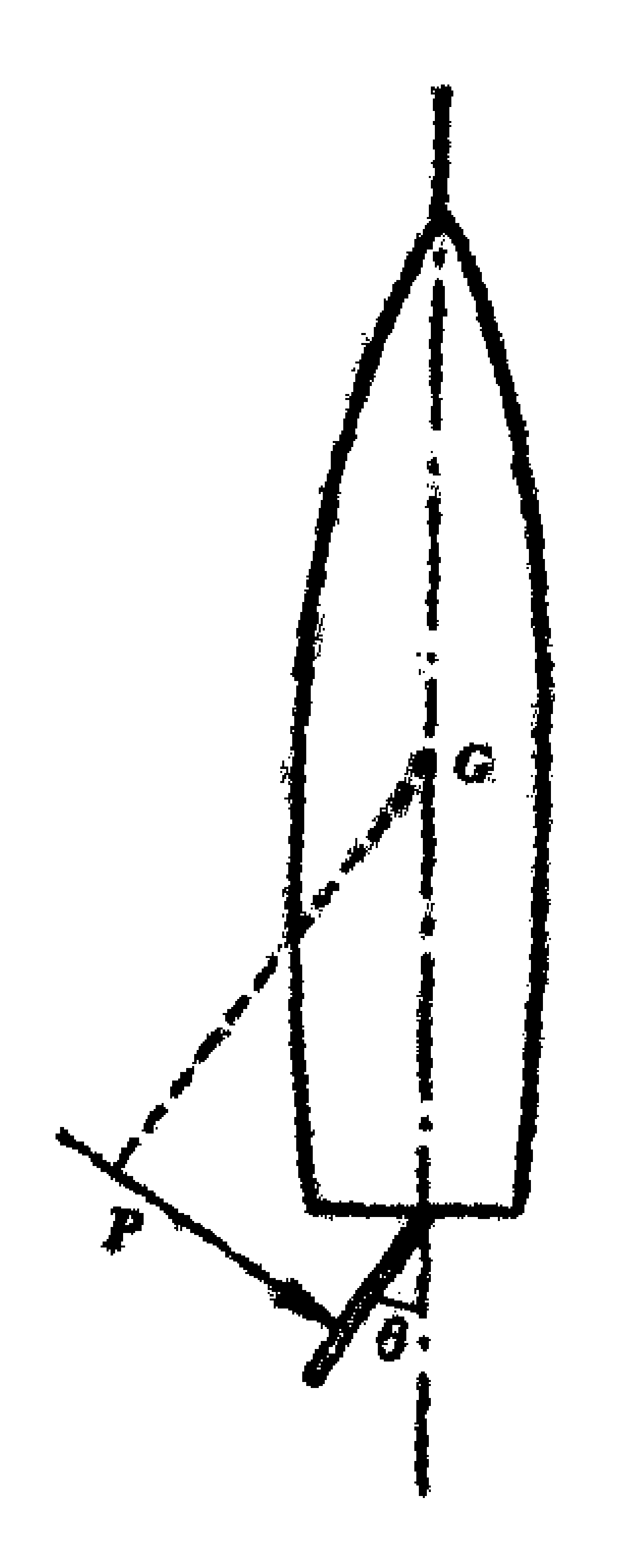
《清明上河图》上的平衡舵

宋朝以后还出现了平衡舵，就是把一部分舵面积分布在舵柱的前方，可以缩短舵压力中心对舵轴的距离，减少转舵力矩，操纵更加轻便。同时，还把舵面做成扁阔形状，增大舵面面积，提高舵控制航向的能力。另外，中国古代还发明了一种开孔舵，就是在舵面上打许多小孔，这样，不但转舵省力，而且由于水的表面张力的作用，又不影响舵的性能，真是一种别具匠心的发明。

四　舵的作用原理

关于舵的作用原理，《天工开物》中有一段精辟的论述："舵阻挡水的力量，它的作用范围到船头为止。这样，在船底下好象有一股很急的顺流，船头不用约束就能摆正，奥妙无穷。舵上用作操纵的舵柄，叫做关门棒。想要船向北驶行，只要把关门棒向南扭转就行了；想要船向南驶行，只要把关门棒向北扭转就行了。"① 这段论述基本上符合现代的力学原理。

舵的作用原理跟桨不同，桨是通过划水所产生的反作用力来推动船只前进的。舵不划水，但是当船舶航行的时候，船尾所产生的水流会在舵面上形成水压——舵压，由于舵压的作用，船舶就会改变航行的方向。舵压虽然很小，但是因为它跟船的重心距离比较大，所以使船转动的力矩就比较大，根据杠杆原理，它推动船舶转动的功效就不小，即使是满载的大船也能转换方向。如图所示，前进中的船，向左转动一个舵角 θ，舵面上受



舵面受力示意图

① 见《天工开物·漕舫》："凡舵力所障水，相应及船头而止，其腹底之下，俨若一派急顺流，故船头不约而正，其机妙不可言。舵上所操柄，名曰关门棒，欲船北，则南向捩转，欲船南，则北向捩转。"

到水流的压力（舵压）P，P 跟船的重心 G 就形成一个力矩，把船尾推向右方，船首就相应地转向左方了。

由于舵的这种制导航向的性能，所以宋朝周去非在《岭外代答》中，称它“就象在悬崖峭壁的险恶地方用一根丝牵引着千钧重物一样，真是凌驾在波浪上前进的珍宝啊！”①

五　舵对世界航海事业的贡献

我国是最早发明舵的国家。舵的发明和使用，是我国在造船和航海技术方面的重大成就，对世界航海事业的发展有不容忽视的影响。

大约到 10 世纪，舵在阿拉伯一带开始使用。欧洲直到 12 世纪末、13 世纪初才开始使用。李约瑟用比较的方法对中外古代的用舵历史进行了研究，认为“中国的发明，在 10 世纪末叶以前已经被引进阿拉伯文化区域”。欧洲使用的舵可能是 12 世纪十字军第二次远征的时候引进的。

舵在欧洲的引进和使用，为 15 世纪的大航海时代创造了条件。欧洲 15 世纪的航海冒险事业，如果不使用舵，是很难进行和取得成就的。欧洲的学者在研究航海冒险事业和葡萄牙所取得的成功的时候，有人提出：“葡萄牙人在航

---

① 见《岭外代答》：“如一丝引千钧于山岳震颓之地，真凌波之至宝也。”

海事业上的成功，是由于科学。……在船舶中以及在驾驶这些船舶的方法中，他们作了一系列的技术改进。其中最重要的，要算转轴、绞链舵和航海罗盘。……如果没有这些装备，可以肯定地说，葡萄牙人的各项发现将是不可能的。”另有人指出：尾柱舵所扮演的决定性角色，确实是很不寻常的。由于这种船舵在中线上所处的位置，以及在这个位置上转动，就是使船舶的中线方向跟风向之间保持一个固定的方位角，所以在阴天里仍旧可以稳定地保持航向。舵使船舶远航成为可能。

特别值得指出的是，类似我国宋朝使用的平衡舵，在欧洲要到18世纪末、19世纪初才开始采用。而且平衡舵的采用，至今仍是船舶设计中降低转舵力矩的一个最普遍和有效的措施。

第六章

停泊工具

一　系石为碇

船是水上的交通工具，既需要航行，也需要停泊。但是水不是静止的，又不时有风的吹刮，船不可能在水中静止不动。如果不用专门设备来固定船只，那么当它停泊在水面上的时候，就会被水流漂走，或者被风刮走。

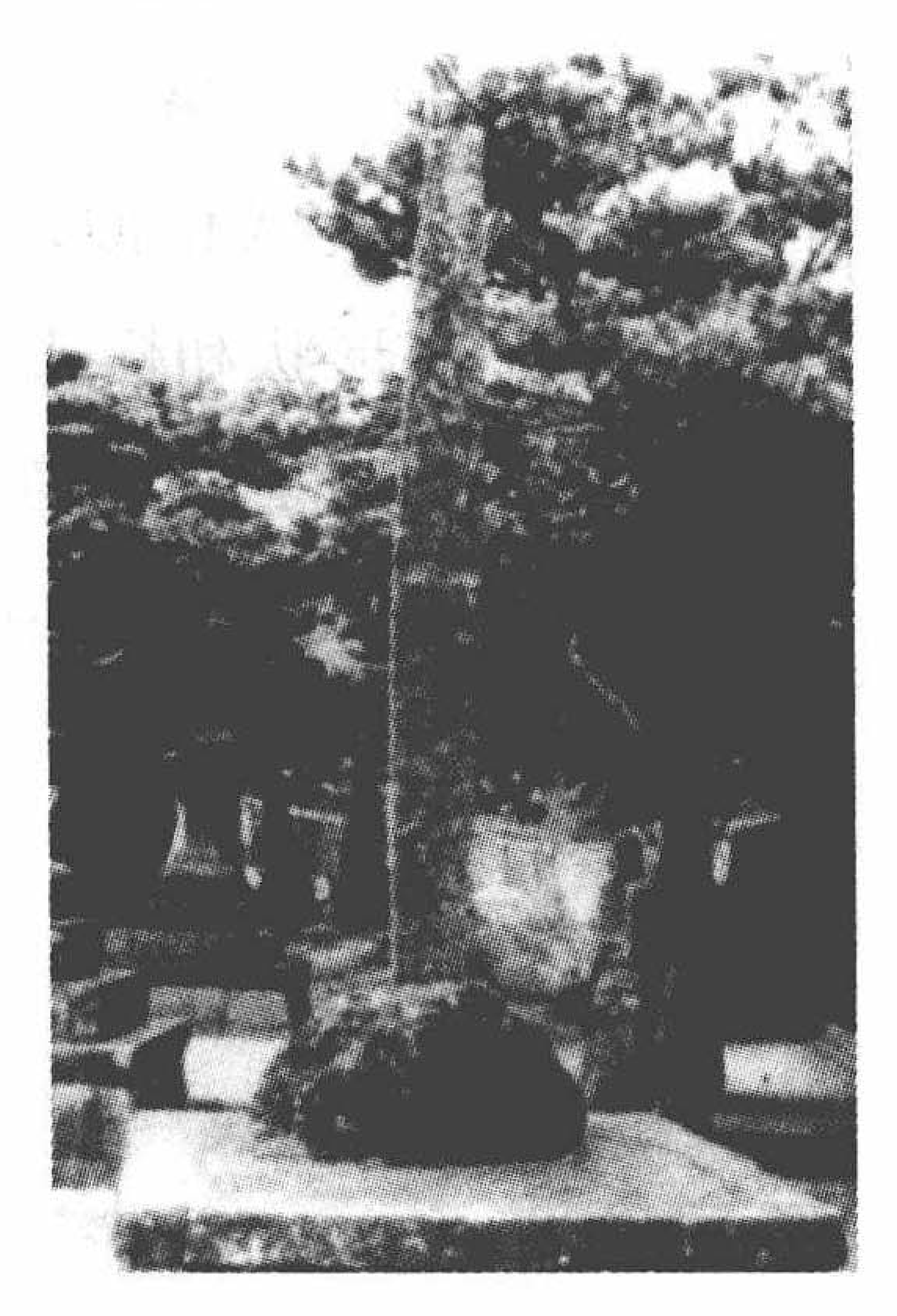
最早固定船只的方法，是当船靠岸的时候，用缆绳捆缚在岸边的石块上或树桩上，也就是利用自然物来维系船只。随后，人们又发明了木桩，如果岸边没有自然物可供利用，就打木桩来捆缚缆绳。随着造船技术和航行技术的提高，水上活动范围不断扩大，特别是海上航行的开展，只靠岸边停船的方法已不能满足人们水上活动的需要了。例如，岸边水浅，大船无法靠岸；在汪洋大海之中遇到风浪，四周茫茫，哪有岸边可以靠拢停泊？为了解决这个问题，人们发明了停泊工具，作为船只的重要附属设备。

最早的停泊工具是“系石为碇”。碇，也写作矴，又写作磸，字书上的解释是“锤舟石”。也就是说，早期的碇是用绳索缚石头制成的，可以看成是岸边捆缚船只的石头的演进，就是把岸边的石头搬上了船。当船在水中要停泊的时候就把石头放到水底，利用石头的重量来固定船只。把绳索连同石头提起来，就可以开船。因此，停船称做“下碇”，开船称做“启碇”。碇一般放在船首，在海中或者比

较开阔的江湖水面，因为风浪比较大，一个碇还固定不住船只，所以又在船侧增设了副碇。船首的碇也称主碇。是单下主碇，还是兼下副碇，要根据风浪和水流速度的大小来决定，只要把船固定住就行了。

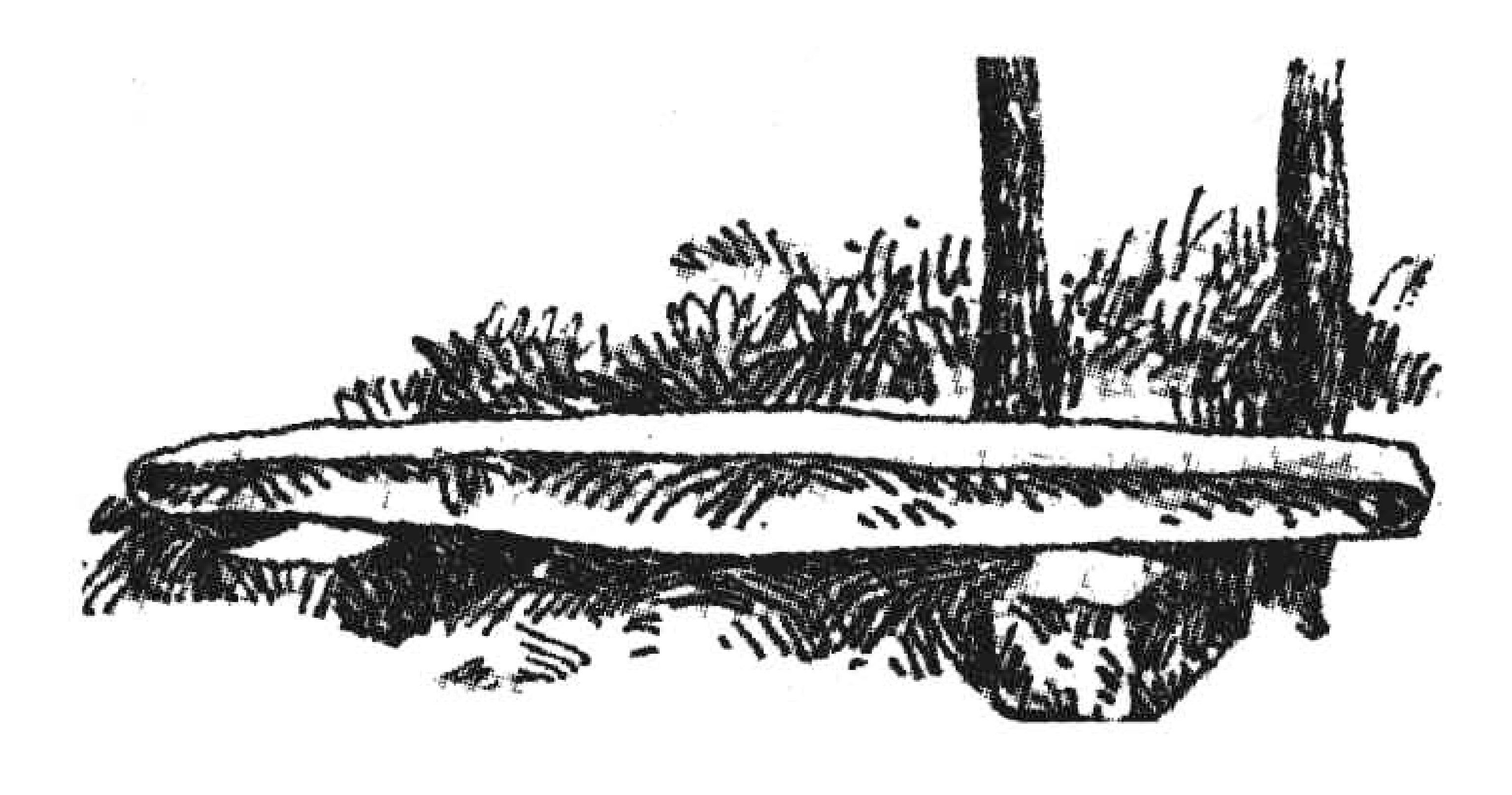
二　木爪石碇

石块只能依靠本身的重量来固定船，可是石块的重量有限，在风浪太大或者水流太急的时候，石块的重量不够，常常系不住船只。随着人们航行经验的积累，发明了木爪石碇。这是航行技术上的重大进步。石块只能平放在水底的泥层上，不能深深地扎入泥层，可是木爪石碇就不一样了，它不但有碇石自身重量，而且木爪可以扎入泥层，跟木桩的作用一样。这样，固定船只的力量可以增大好几倍，成为更加有效的停泊工具。因此，在明朝以前，海船普遍采用木爪石碇作为停泊工具。


日本佐贺县唐津市的元代碇石

关于木爪石碇的碇石样式，我国过去一直没有发现。1899年，日本曾经在佐贺县唐津市附近的海中出土一块元代碇石，长

299 厘米，中段宽 36 厘米，厚 26.5 厘米，是用石灰岩石块打制成的。这段碇石被作为珍贵文物，保存在唐津市凑疫神社里。近年来，日本又在博多湾附近发现了不少碇石。根据推测，这些碇石是元代忽必烈派去攻打日本的舰队上的，因为遇到风浪不少舰只沉入海底而遗存下这些石碇。1982 年，在泉州法石发现了一块宋元时期的碇石，填补了我国国内在碇石实物方面的空白。这是一块用花岗岩石块打制成的碇石，长 232 厘米、中段宽 29 厘米、厚 17 厘米，两侧对称地凿有长 29 厘米、宽 16 厘米、厚 1 厘米的凹槽。日本发现的碇石可能是山东一带打制的，泉州法石发现的碇石是当地打制的，一南一北，但是形状相似，说明当时我国沿海海船所用的木爪碇石的基本形状和样式大体上是一致的。

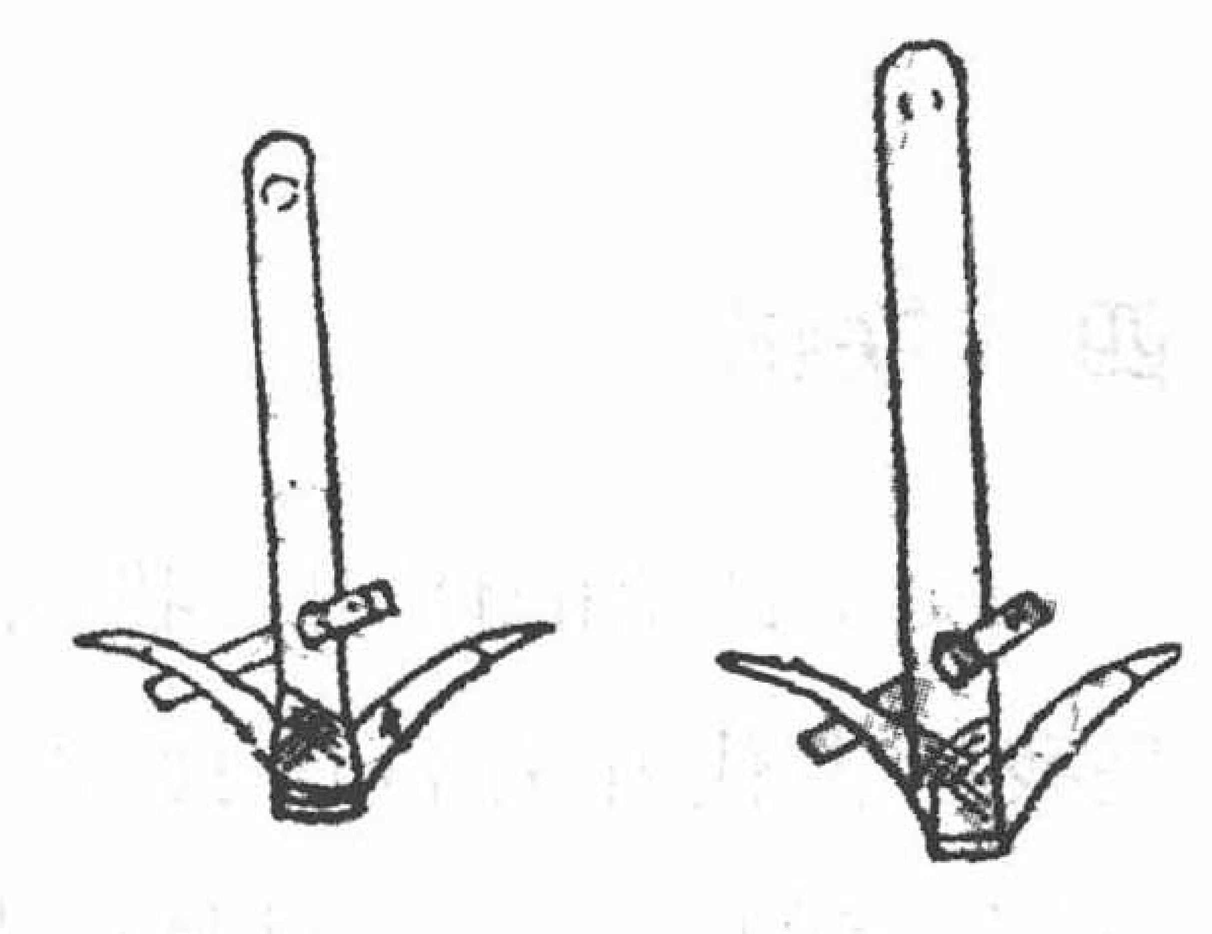

泉州法石发现的宋元碇石

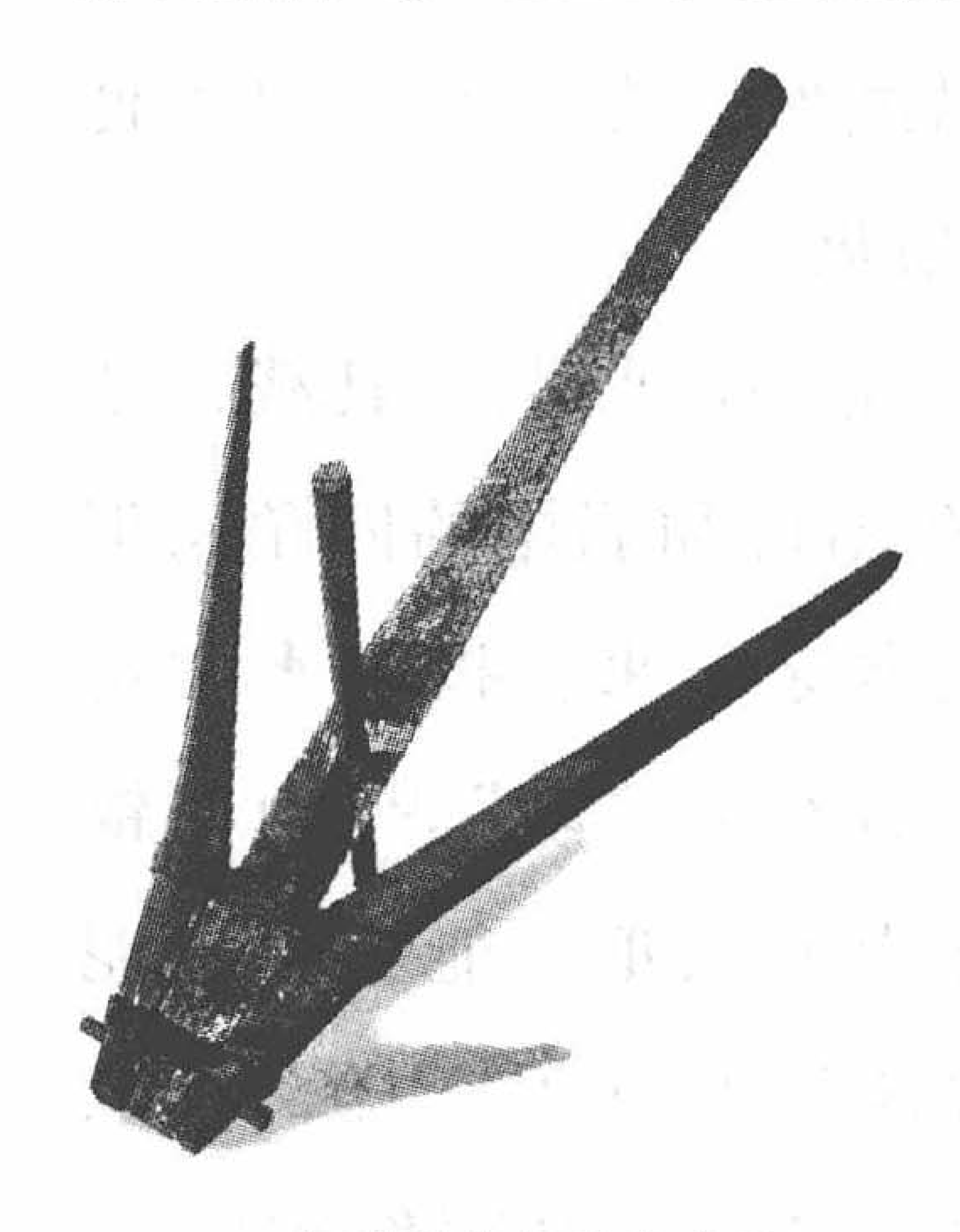
木爪石碇，是在碇石两条凹槽处缚上一头削尖的木棍而成。就像徐兢在《宣和奉使高丽图经》中所说的那样，碇石两旁夹以木钩。

三　木碇

跟石碇同时并行的停泊工具还有木碇，它可能是受到

木桩系船的启示演进而成的。木碇是用比较重而又坚硬的木头（如铁力木等）制成的。它有两个爪，可以插入水底泥层中，功用相当于木桩。李约瑟说，木碇“最具有中国型式的特点，是属于斧式锚，也就是这种锚制造的方式，使锚臂跟锚干在锚冠处成锐角（大约是四十度或小于四十度）”，而且“中国锚锚杆在锚干上通过的位置，并不在锚环的一端，而是接近锚冠的一端。这种装配方式促使锚发生倾斜，确保锚臂能够抓入锚床以保持锚位，也几乎能免除锚发生障碍，好处很多。这种装置的效率，曾经时常得到欧洲海事著作学者的赞扬。”由此可见，中国木碇是很有实用价值的。为了加强木碇的整体强度、防止木材断裂，宋元以后，还在碇杆和碇爪的连接处加上铁箍，使它更加坚固。也有在木爪尖端包上铁皮，使它更加尖锐和结实。所以，即使在明朝广泛应用铁锚以后，木碇仍被沿用，没有很快被淘汰。


木碇图

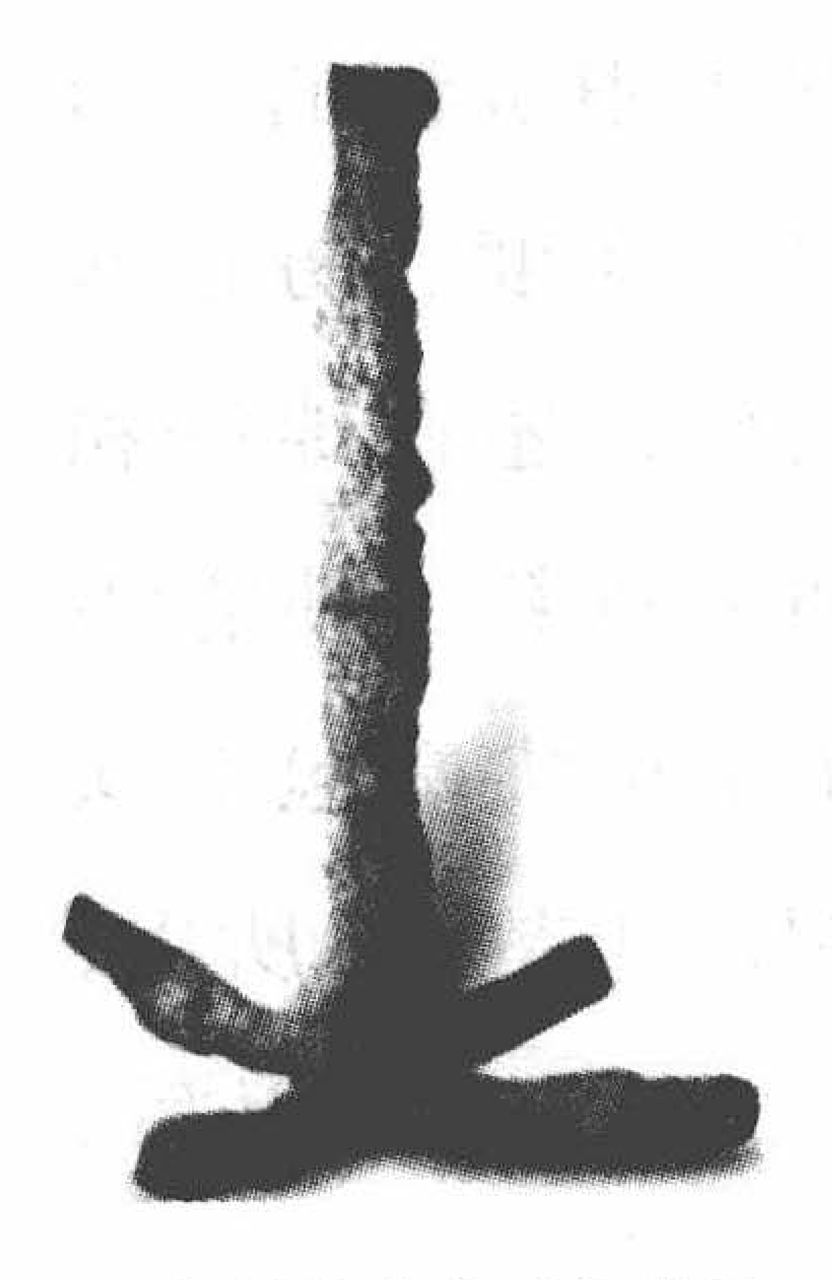

泉州湾出土的大木碇

由于中国海船一般都比较大，所以木碇也常常是很巨大的。1975 年在泉州湾曾经发现并出土有一杆大约宋元时

期的大木碇，残存长度达7.57米，上面有系缆绳和安碇担的圆孔，还有用铁箍加固后所留下的锈迹。

四　铁锚

关于铁锚的使用，我国远比古埃及和古希腊要晚，但是我国古代却有自己独立发展的历程。带“金”字旁的“锚”字的出现，最早是在南朝梁周间（6世纪）顾野王所写的《玉篇》中。表达器物的文字，只有在器物出现以后才能产生。在《玉篇》中出现“锚”字，说明在6世纪以前就有锚了。但是由于木爪石碇和木碇取材容易，制造简单，仍被普遍地采用着，所以铁锚虽然也在一些船只中使用，但是直到明朝它才得到推广和发展。



泉州湾出土的大铁锚

明朝焦竑《俗书刊误》记载，锚“就是现在放置在船首和船尾的四角叉形状的设备，用铁索穿起来，投入水中可以固定船身，使船不会移动”。[①] 由于锚有向四个方向伸出的铁爪，能够扎进泥里抓住泥土，就像猫的爪子一样，所以在古代的典籍中，“锚”又写作“錨”，或者干脆就写成“猫”字。如在元朝周

① 见《俗书刊误》：“即今船首尾的四角叉，用铁索贯之，投水中使船不动摇者”。

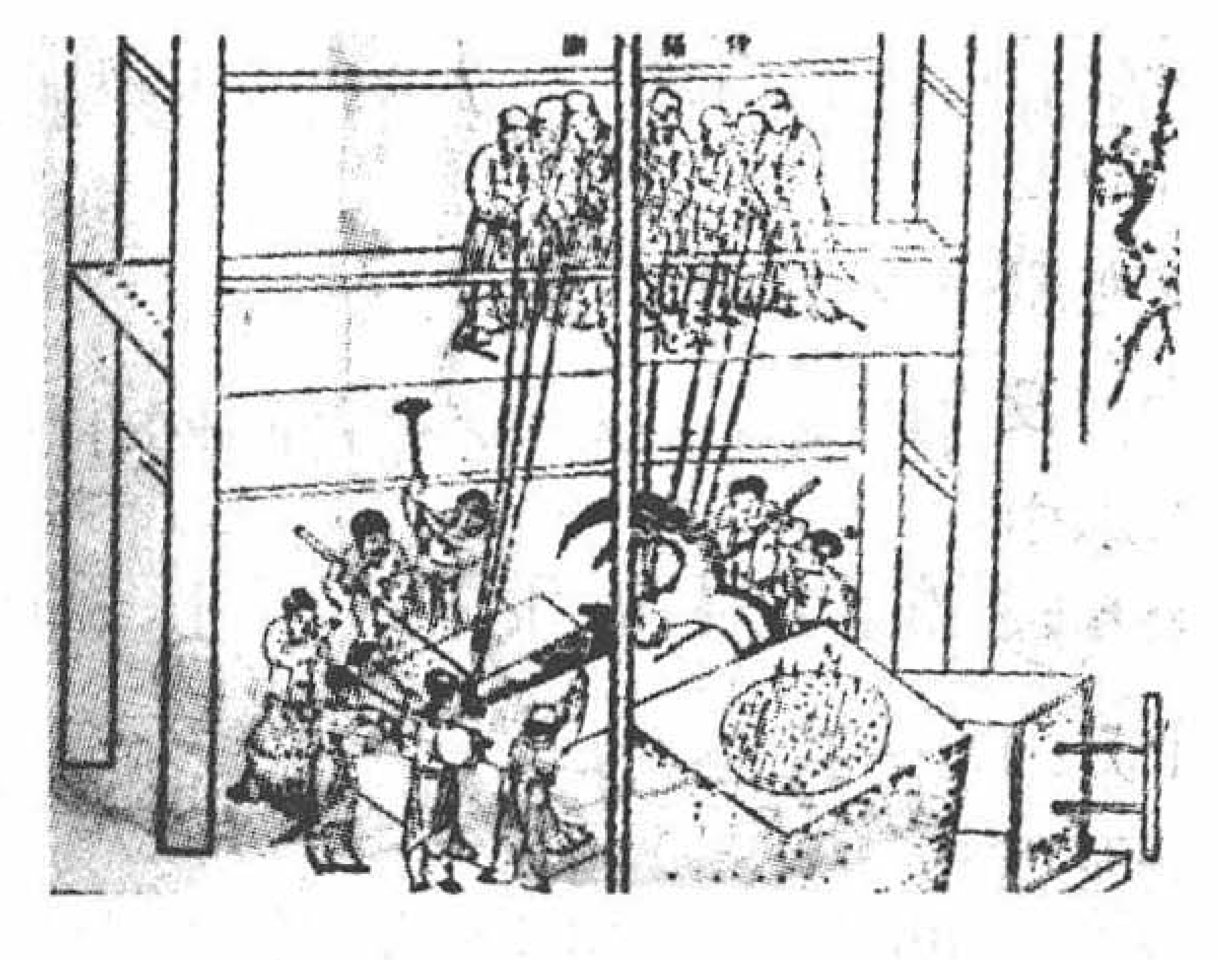
密的《癸辛杂识续集上·海蛆》中就写作猫。清朝贺长龄的《江苏海运全案》在转引宋应星《天工开物》有关材料的时候，也把“锚”改为“猫”。

一般的海船，特别是大海船，锚都很大。

郑和下西洋的宝船上所用的大铁锚，“非二三百人不能举动”①。

宋应星在《天工开物》中也说：“每当船只航行遇风难以靠岸停泊的时候，它的安全就完全依靠锚了。战船、海船的锚有重达千钧的。”② 一钧大约是30斤，千钧就是3万斤，可见它是极其巨大的。1981年在泉州湾浅海中曾经捞起一只古代的四爪大铁锚，它残高2.78米，铁爪最大对角距离的残长是2.18米，锚杆直径从上端到基部是17~40厘米，重758公斤。同时，大船用的锚都不止一个。

关于锚的制作方法，宋应星在《天工开物·锚》中说，锚制造的时候先锤制四个锚爪，然后再逐节接在锚身上。锚是采用煅烧、锤打工艺制造的铁器中最巨大的工件③。



《天工开物》中的铁锚制作图

① 明朝巩珍：《西洋番国志》。

② 见《天工开物·锚》：“凡舟行遇风难泊，则全身系命于锚。战船、海船，有重千钧者。”

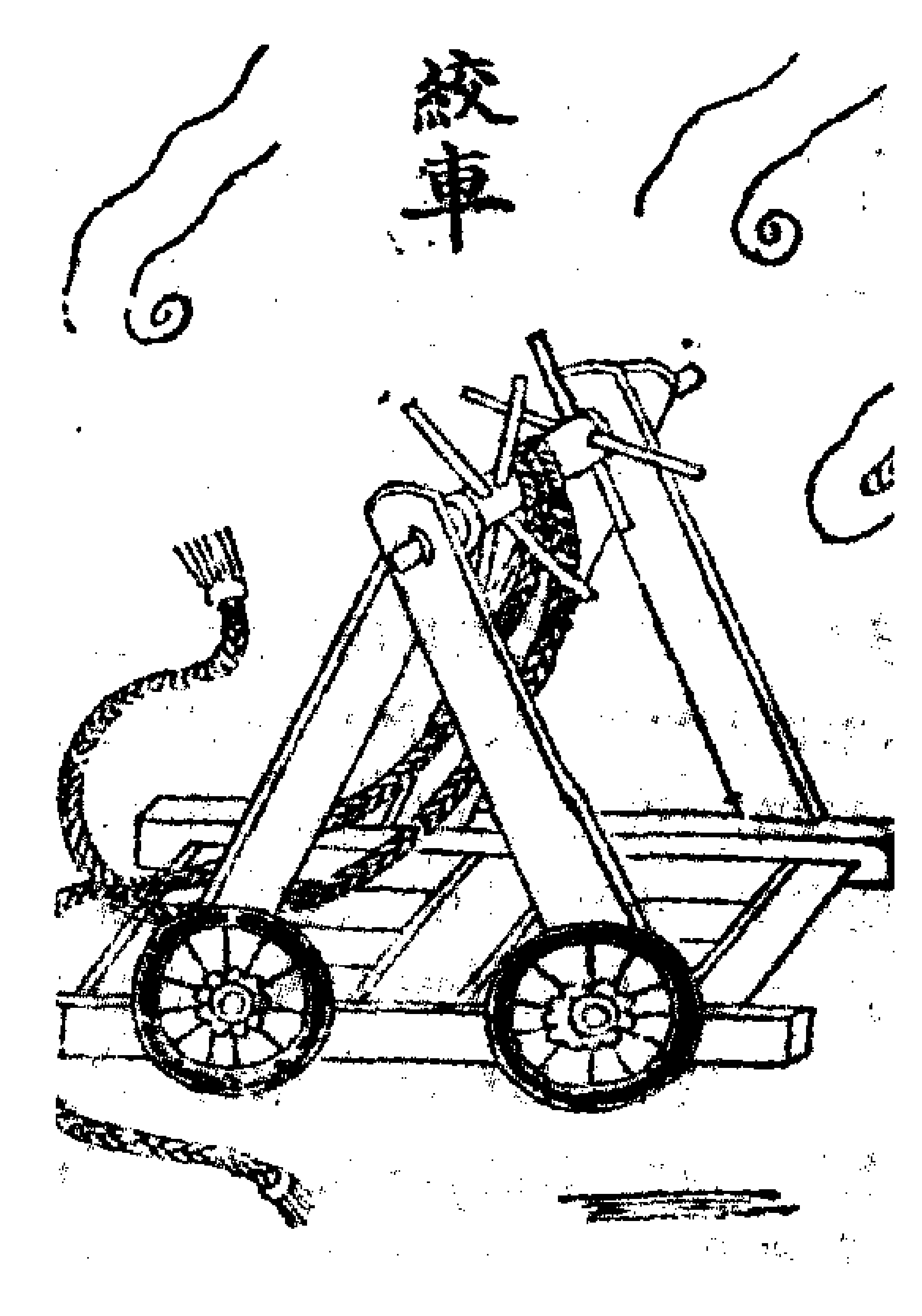
③ 见《天工开物·锚》：“锤法先成四爪，以次逐节接身。其三百斤以内者，用径尺阔砧，安顿炉旁，当其两端皆红，掀去炉炭，铁包木棍，夹持上砧。若千斤内外者，则架木为棚，多人立其上，共持铁链，两接锚身，其末皆带巨铁圈链套，提起捩转，咸力锤合。……炉锤之中，此物其最巨者。”

由于铁锚自身很重，又有四爪，性能比石碇和木碇优异，所以尽管不容易加工，但还是逐步淘汰了石碇和木碇。

五 绞车

大型船泊的停泊工具（石碇、木碇、锚，也统称做锚）很大、很重，单靠人的双手来控制锚的升降是很困难的，因此都在船上设置绞车来进行起锚或抛锚的作业。

绞车实际上是辘轳的演变，不过加力的横杆更长、数量更多罢了。它最初在陆上应用，用来提拉重物，后来才广泛地在船上应用。绞车的形制，据北宋的《武经总要》中记载，是"用大的木材制成绞床，前面设置两根叉手柱"，这种绞车可以"力挽两千斤"①。《武经总要》所记载的是在陆上用的绞车，所以下部有轮子。船上用的绞车，直接把绞床固定在甲板上，而且一般是采用立式绞车的形式，在绞床上还有卷缆索的轮子。徐兢在《宣和



《武经总要》中的绞车图

① 见《武经总要》："合大木为床，前建二叉手柱……力挽二千斤"。

奉使高丽图经》中有关于绞车的记载："在船首立两根颊柱，中间安装车轮，轮上盘结藤索，藤索象房上的木椽一样粗，长五百尺，下端捆着碇石，……船还没有出海或者靠近岸边停泊的时候，就把碇石沉入水底，好象在岸上维系缆绳一样，船就不会漂动了。如果风大浪急就加放游碇，游碇象大碇一样，只是它放置在大碇两旁。要开船的时候就转动车轮盘结藤索，把碇石收上来。"①

宋应星在《天工开物》中也说："风静了要开船，就用立式绞车盘结缆绳把锚提起来。"②

① 见《宣和奉使高丽图经》："船首两颊柱，中有车轮，上绾藤索，其大如椽，长五百尺，下垂矴石，……船未入洋，近山抛泊，则放矴著水底，如维缆之属，舟乃不行。若风涛紧急，则加游矴，其用如大矴，而在其两旁。遇行，则卷其轮而收之。"

② 见《天工开物·漕舫》："风息开舟，则以云车绞缆提锚使上。"云车指立式绞车。

第七章

水密隔舱

一　蜚声世界的水密隔舱

宋元时期，在西太平洋和印度洋中，中国、印度、阿拉伯各国的船舶乘风破浪，西往东来，呈现出一派远洋交通的盛景。说来奇怪，同样是船舶，在触礁船壳破裂的情况下，别国的船舶很快就进水沉没，唯独中国的船舶能够继续航行，驶抵口岸，然后加以修复。其中的奥秘在哪儿呢？这就是中国船舶中设置水密隔舱的功用。它受到各国航行者的赞叹，蜚声世界。



泉州湾后渚海船的水密隔舱

所谓水密隔舱，就是用隔舱板把船舱分隔成互不相通的一个一个舱区。这是中国造船技术工艺上的一项重大发明。中国最迟在唐代就已经开始在船舶上设置水密隔舱。以后，水密隔舱在海船中得到了普遍的采用，内陆船只也有一部分采用。1974 年泉州湾后渚出土的南宋海船，共分 13 个舱，舱跟舱之间的隔板厚 10 ~ 12 厘米。隔舱板跟船壳板用扁铁和钩钉钉联，隙缝处用桐油灰腻密，具有严密的隔水作用。1982 年在泉州法石发现的另一艘南宋海船，也采用了水密隔舱结构。它的隔舱板厚 9 ~ 9.5 厘米，隔舱板跟船壳板之间用铁方钉和木钩钉坚固地钉合在一起。

二　水密隔舱的功用

水密隔舱的设置，具有多方面的优越性，主要体现在以下几个方面：

首先，由于舱跟舱之间是严密分隔开的，在航行中，特别是在远洋航行中，即使有一两个船舱破损进水，水也不会流到其他船舱。从船的整体看，它仍保持有相当的浮力，不会沉没。如果进水太多，船支撑不了，充其量只要抛弃货物，减轻船的载重量，也不至于很快沉入海底。这样，如果船舶破损不大，进水不太严重，只要把进水的船舱里的货物搬走，就可以修复破损的地方，不会影响船舶继续航行。如果进水较严重，也可以驶到就近的港口或陆地，进行修补。但是，没有设置水密隔舱的船舶，情况就完全不一样了，只要船底外壳撞破一个洞，水就会涌进船舱，漫流全船。洞小还能封堵，破损大了，由于海水的压力太大，是怎么也封堵不住的，只好眼睁睁地看着船只连同人和货物被大海所吞没。因此，水密隔舱提高了船舶的抗沉性能，增强了人员和货物在远洋航行中的安全性。

其次，船上分舱，货物的装卸和管理比较方便。在泉州湾后渚古船的船舱里有大批货物，上面系有货主的牌签，反映当时是按货主把货物分装到各个船舱的。不同的货主可以同时在各舱中装货和取货，比起不分舱装卸的效率提

高了很多，而且货物也便于管理。

同时，由于隔舱板跟船壳板紧密钉合，增加了船舶整体的横向强度，取代了加设肋骨的工艺，起着加固船体的作用。

由于水密隔舱结构具有这些优越性，因此问世以后就受到普遍欢迎，经久不衰，不但在中国历代相传，而且在近代还被各国所采用，至今仍是船舶中重要的结构形式。

三　水密隔舱对近代造船技术的影响

关于中国船舶设置水密隔舱的情形，很早就受到国外的赞赏。宋元时期航行在印度洋和太平洋上的阿拉伯人，大多搭乘中国船，就是因为中国船下有水密隔舱，上有舒适的客房，既安全又舒服。元朝的意大利旅行家马可·波罗在他的游记中，对中国的船舶作了详细的描述。关于水密隔舱，他这样说：“比较大一些的船只有十三个货舱，就是船里面的隔间，都是用硬木板装隔的，跟船壳紧密地钉在一起。如果船只发生意外，忽然触礁或者受到鲸鱼的撞击而产生漏洞，……海水就从破洞流进船舱，……船员一旦发现漏洞，立即把货物搬到别的舱里。由于这种舱隔绝得十分严密，所以一个舱进水，并不影响其他的船舱。等船员把损坏的地方修复以后，货物仍可搬回原处。”

尽管不少外国航海者了解和赞颂中国船舶的水密隔舱，

但是要改变一种传统的技术工艺可能非常不容易，国外迟迟没有采用水密隔舱的设置，直到18世纪末，欧洲才开始出现这种先进的船舶结构。1787年，美国著名科学家富兰克林在关于美国和法国之间的邮船计划的信里写到："它们的货舱照中国的方法分隔成一个个的舱区，并且把每个舱区都腻缝紧密，以免进水，似乎并没有不方便的地方。"英国的本瑟姆曾经考察过中国的船舶结构，并且对欧洲的造船工艺作了改进，引进了中国的水密隔舱结构。1795年，本瑟姆受英国皇家海军的委托，设计并且改造了六艘新型的船只。在他所写的论文中说，他所造的船"有增加强度的隔板，它们可以保护船只，免得进水而沉没，正象现在中国人做的一样"。后来，本瑟姆夫人在为她丈夫所写的传记中明确指出："这不是本瑟姆将军的发明，他自己曾经公开地说过，'这是今天的中国人一如古代的中国所实行的'。但是赏识这种水密舱结构的优点，并且介绍给大家使用，仍是他的功绩。"

从此，中国优良的水密隔舱结构，逐渐被欧洲以至世界各国的造船工艺所吸收，至今仍在现代的造船业中普遍使用。

四　水密隔舱中的过水眼

在现代远洋航行的客轮和货轮中，人们可以发现，它

们大都有双层船底，就是在船舱下面还有一层底舱。这个设施增加了船的安全性，即使外板破损进水，也只能流入底舱，不会流到客舱和货舱里去。在平时的航行中，双层底板之间的底舱用来装载液体燃料（如柴油）和淡水，因为液体的流动性，在航行中就可以自动调节船只的稳定性和船首船尾吃水深浅，增加航行中的稳定性能和安全性能。例如，当船遇到风浪的时候，船首抬高，油或水就流到船尾，船尾吃水就深；船尾抬高，油或水就流到船首，船首吃水就深。这样就可以减弱船体的起伏，使船只在风浪中不会颠簸得太厉害。

这种双层底结构，是近代发展起来的造船新工艺，古代船舶没有这种结构。但是，在中国古代的造船工艺中，却已经考虑了这个问题，并且采用特殊的工艺，巧妙地解决了船舶航行中的稳定性问题。这就是过水眼的设置。

从对古海船的水密隔舱的考察中，人们很容易发现舱隔板实际上并不是不透水的，在它的正中线的下端留有一个圆形或方形的小孔——过水眼。别看这个小孔很不显眼，在航行中它却发挥着不小的作用。海船破浪前进，涌上甲板的海水难免流入船舱，舱底总会积一些水。如果水密舱的隔板一点不透水，水在船首的舱里聚积得多了，船首的负载就会增大，吃水比较深，破坏船体的平衡，不但会影响船舶的航行，而且还可能发生意外的翻船事故。有了过水眼的装置，就可以避免这些毛病，而且水在舱底里是流动的，航行中可以自动调节船舶的稳定和船首船尾的吃水

深浅，能够收到跟现代双层底结构同样的效果。由于过水眼不大，容易堵塞，在需要的时候马上可以塞紧，不会影响水密隔舱的抗沉能力。这一变害为利的措施，体现了中国古代高超的造船和航行才能。

除水密舱的隔舱板上设有过水眼外，在一些内河船和许多海船首部或尾部的船壳上也设计有水眼，使船舶可以控制进出水，来调节航行中的稳定性。在5世纪的南北朝时期，曾经有这样一个故事，说曾经有人租了一条船，在柬埔寨一带做生意，到了应该付租金的时候，船还没有到达要去的港口，因此，租船者要求少付租金。于是船主故意让水流入舱底，使船像要沉没的样子，停在那里不动，既不能前进，也不能后退。租船者害怕了，只好按原定的租金付给船主，船才恢复了原状，继续航行。这个故事反映了人们已经具有控制船只航行中进出水的能力。

第八章

船型和船舶设计

一　对造船原理的认识

前面已经谈到，原始社会时期的人们对水的浮力就有初步的认识，正是在这个基础上发明了木排、竹排和独木舟。随着人类水上活动的不断增加，对水的浮力的认识也不断加深。

首先，人们发现浮力的大小跟水的多少和深浅有关，水多水深浮力大，水少水浅浮力小。水太浅，即使是很小的物体也浮不起来。庄子曾经总结了这一认识，他说：如果所积蓄的水不深，那么就没有负载大船的能力。比如倒一杯水在堂上洼下的地方，就只能浮起小草作成的舟，即使放上杯子都会跟水底相粘着，因为杯子对于这些水来说也是“大舟”了[①]。这一认识虽然还很原始、初步和粗浅，但是它对造船却具有很重要的指导意义，就是在水少、水浅的水域里只能航行小船，只有在水多、水深的水域里才能航行比较大的船只。

长期的造船和行船的实践，使人们对水的浮力的认识逐步得到深化。在《三国志·魏书》中记载有这样一个故事：东汉末年，孙权给曹操送来一只大象。大象是热带地

① 见《庄子·逍遥游》：“水之积也不厚，则负其大舟也无力。覆杯水于坳堂之上，则芥为之舟。置杯焉则胶，水浅而舟大也。”

方的动物，生长在中原地方的人大都没有见过。因此，曹操带着一群大臣、谋士前去观看。当时，曹操很想知道大象的重量，就问身边的大臣、谋士们：有什么办法可以称量大象？面对这个庞然大物，这群平时自命不凡的大臣、谋士都面面相觑，张口结舌，无以答对。这时候，跟着去看大象的曹操的年方五六岁的儿子曹冲站出来说："可以把大象牵到一艘大船上，看船边水面浸到哪里，就在哪里划上一个记号。然后把大象牵上岸，再用别的东西装到船里去，让船下沉到刚才的记号为止。这时候装在船里的东西的重量就等于大象的重量了。"曹操听了十分高兴，就下令叫部下照着他儿子的办法去做[①]。一个大难题就这样被一个小孩子解决了。这个故事虽然不一定真实，但是却反映了一个事实，就是当时人们已经发现：负载物体的同一只船，如果吃水量相同，那么不管它所载物体的体积、比重有什么不同，重量一定是相同的。也就是说，人们已经认识到浮力的大小只跟船只所排开的水量多少有关。尽管中国古代还没有得出关于浮力大小等于船体所排开的水的重量的明确结论，但是上述的认识已经从定性认识阶段向定量认识阶段迈出了重要的一步，已经知道了浮力原理的基本内容。

---

① 见《三国志·魏书·武文世王公传第二十》："邓哀王冲字仓舒。少聪察岐嶷，生五六岁，智意所及，有若成人之智。时孙权曾致巨象，太祖欲知其斤重，访之群下，咸莫能出其理。冲曰：'置象大船之上，而刻其水痕所至，称物以载之，则校可知矣。'太祖大悦，即施行焉。"

从对浮力的这些认识出发，人们进而对船的容积和载重量有了比较确切的量度，知道建造多大的船可以载多少人或者多少物资，甚至用载重量来衡量船的大小。在唐朝以后的万斛船、二千料（斛）船、千料船、二百料船等等，就是这样量度的。“斛”（hú）和“料”都是我国古代的容积单位，相当于石。一石是120斤，那么万斛船的载重量就相当于六百吨，它在古代世界中可以说是巨大无比的了。

除了对浮力的认识以外，我们从船型还可以看到古人对水的阻力已经有了初步认识。如果说，瘦长的独木舟是由于受到天然材料限制的话，那么在木板船出现以后，所有船（即使是几只船并成的连体船，单体船身也是这样）的形状都是长比宽大，而且首尾都比中部狭，这就是人们有意识的行为了。也就是说，人们在航行实践中，已经意识到船在航行中要遇到水的阻力，为了减少水的阻力，有意把船体造成两头狭的瘦长形状。特别是军用的快速船只，造得比一般的船更瘦长。当然，也不能排除可能有人造出过诺亚方舟式的方形船，但是因为驾驶困难，航速极慢，自然是要被淘汰的。

总之，古人在长期的造船和航行实践中，积累了关于水的特性的丰富知识，尽管这些知识还只是经验性的，有的甚至很粗糙，但是它表明了古人的造船和航行活动是有科学依据的，不是盲目的。船舶的设计和制造，正是依据这些认识来进行的。

二　船型

我国的内河和海疆的地理情况纷繁复杂。在江河中，不但大江、小河的流速、流量以及河道的曲直、阔狭、深浅等有所不同，即使是同一条江河，上游跟下游的地理情况也存在极大的差异。在海域中，南北的近海深浅、风浪、潮汐、泥沙、礁石、岛屿等各方面的情况也各不相同。有因地制宜的优良传统的中国历代人民，根据不同水域的地理特点，设计和建造了许多不同类型的船只。例如，在杭州湾以北的港口和沿海航线上，由于水浅、沙滩多，所以一般建造和使用平底船舶；在杭州湾以南，沿海的水比较深，海湾狭长，岛屿也比较多，所以一般建造和使用尖底的海船。清朝的学者谢占壬曾经总结了南北方海船因为地理因素而造成的不同。他指出，长江一带的海船称做沙船，因为船底平宽，能够驶过浅滩，靠近沙洲停泊，它们通常往来于淤沙或淤泥上，以及小河或水浅的港口之间，不至于被困。浙江的船也有同样造法的，也能够沿着沙滩行驶，但是因为它们比沙船重，都避免浅水水域。福建和广东的海船，都是圆底高甲板。在它们的船壳底部有三段称做龙骨的大木梁。如果这些船碰到浅沙，龙骨就会被埋在沙里面，如果潮水和风向不对，那么拉船离开沙滩的时候就非常危险。不过在开往南海的航线上，因为水里有许多小岛

和礁石，所以有龙骨的尖底船比较容易转动，可以避免触礁。谢占壬因此得出结论说：“由于各省的海域情况不同，所以船型也有所不同。”① 他这一段话，反映了我国南北海船船型差别的大致情况以及造成差别的原因。

除了地理因素的差异以外，船的用途又各不相同。从使用对象来分，有官用船、民用船、军用船等；从用途方面来分，有客船、货船、渔船、战船等；其中每一项又可以再细分。比如客船中，有皇帝的龙舟、官僚用的豪华客舟、一般商客用的客舟等。这些更造成了我国船舶类型的多样性。可以说，中国船型的多样性是古代世界任何国家和地区所无法比拟的。直到20世纪50年代，已经广泛使用钢铁轮船以后，我国的木船船型估计还有1 000种左右，其中只是海洋渔船的船型就有两三百种之多。

尽管中国古代的船型种类和名目繁多，但是大体上说，从船首形状来分，可以分成尖首和方首两大类；从船底式样来分，可以分成尖底和平底两大类。在历史的演变中，福船是最著名的尖首、尖底船型的代表，沙船是最著名的方头、平底船的代表。

福船因起源于福建而得名，但它并不局限于福建，浙江、广东也有制造。福船高大如楼，底尖上阔，首尾高昂，首尖尾方，两侧有护板，船舱是水密隔舱结构。尖首尖底利于破浪；底尖吃水深，稳定性好，并且容易转舵改变航

---

① 见黄汝成《日知录集释》：“盖各省之海面不同，船式器具亦因而有别。”

向，便于在狭窄的航道和多礁石的航道中航行。历史上，人们对福船的评价极高，《三朝北盟会编》卷一百七十六中说："海舟以福建为上"，《武备志》卷一百一十六"福船"条更说："船制至福建备矣"，可见福船是古代远洋航行最优秀的船型。

沙船是我国古代的优良船型之一，它是上海崇明岛最早制造的。沙船的前身可以远溯到殷周时期的方头、方梢、平底船，到唐朝定型，宋朝称"防沙平底船"，元朝称"平底船"，明朝才通称"沙船"，元明时期是它发展最盛的时期。

沙船方首方尾，平底，它的甲板面宽敞，船型深小、干舷低，适宜在浅水航道航行。船上采用大梁拱，使甲板能迅速排浪，船舱也采用多水密隔舱结构。船舷采用大櫼，大中型沙船每侧有四到六根大櫼，从船首直压到船尾，以增加结构的强度，由于沙船的性能和结构优良，所以在民间广泛使用，航行在广布沙洲的北洋航线上。1793 年跟随英使马戛尔尼来中国的副使斯当东在《英使谒见乾隆纪实》里写着这样一段话：他在崇明附近的海面上看到了沙船，河口上的沙洲一点也不阻碍它的航行。中国有载重三四百吨的船只，它们底平、上部轻，可以在沙洲上自由航行。平时，中国船只在顺风的时候才起航，所以他们不感到平底船有什么不方便。中国的船帆非常灵活，它可以围绕桅杆按照风的方向随意转动。

除福船和沙船外，广船也是我国古代的优良船型。广

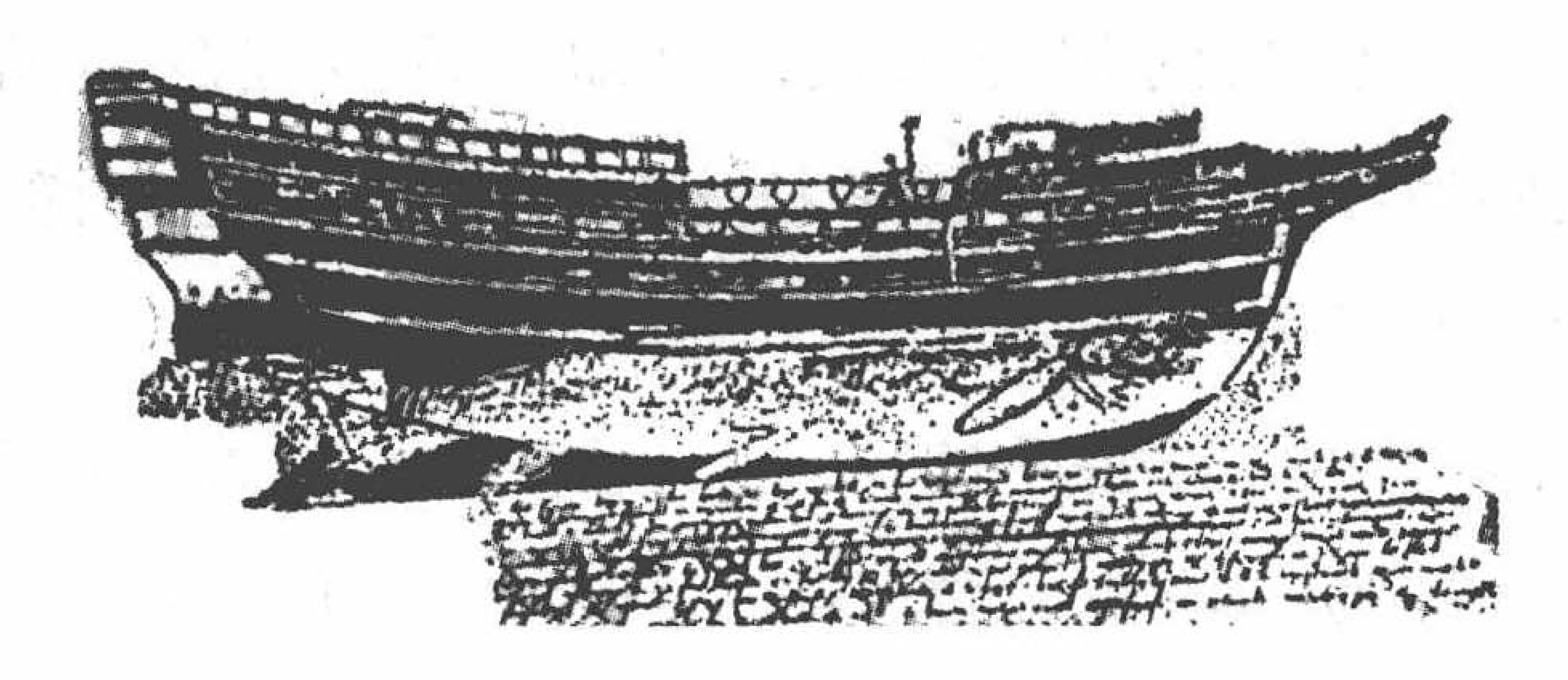
船产在广东，它的基本特征是头尖体长，吃水比较深，梁拱小，甲板脊弧不高。船体的横向结构用紧密的肋骨跟隔舱板构成，纵向强度依靠龙骨和大樾维持。广船结构坚固，有较好的适航性能和续航能力，是我国古代南海航线的一种重要船型。

有人曾经对中西方的古代船只加以比较研究，发现尽管中国古代船型种类繁多，但是大都具有一个基本特征，就是船型的最宽处在中部靠后的地方，而不像西方船舶的最宽处在中部靠前的地方，或者在纵向中轴线的正中处。对于中西方的船舶体型差异，1840 年西方就有人注意到，并且解释它的原因是："因为我们最好的船体，是用鱼来作模型的，向头的一端常常比较大，但是中国人却模仿蹼足水鸟，它们浮水的时候，把最宽的部分放在后面。在这一方面，他们是精明的，因为水鸟象船一样，是浮在空气跟水的两种介质之间的，而鱼却只能在水里游泳"。后来有人更总结说："欧洲人觉得他们应当按照鱼的外形来造船，而中国人却认为应当按照在水面上浮游的鸟的外形来造船"。


广　船

事实证明，这种认识是反映一定的历史真实的。在中国古代的船舶中，不但最宽处一般在中部靠后的地方，而且有的船名就是用鸟来命名的。例如，古代在不少的船头

上画有鷁（yì，古书上说的一种象鹭鸶的水鸟）鸟的图案，还有把船头称做鷁首，并且有时甚至就用它来指船。在



欧洲1586年书中的“鳕头鲭尾”船

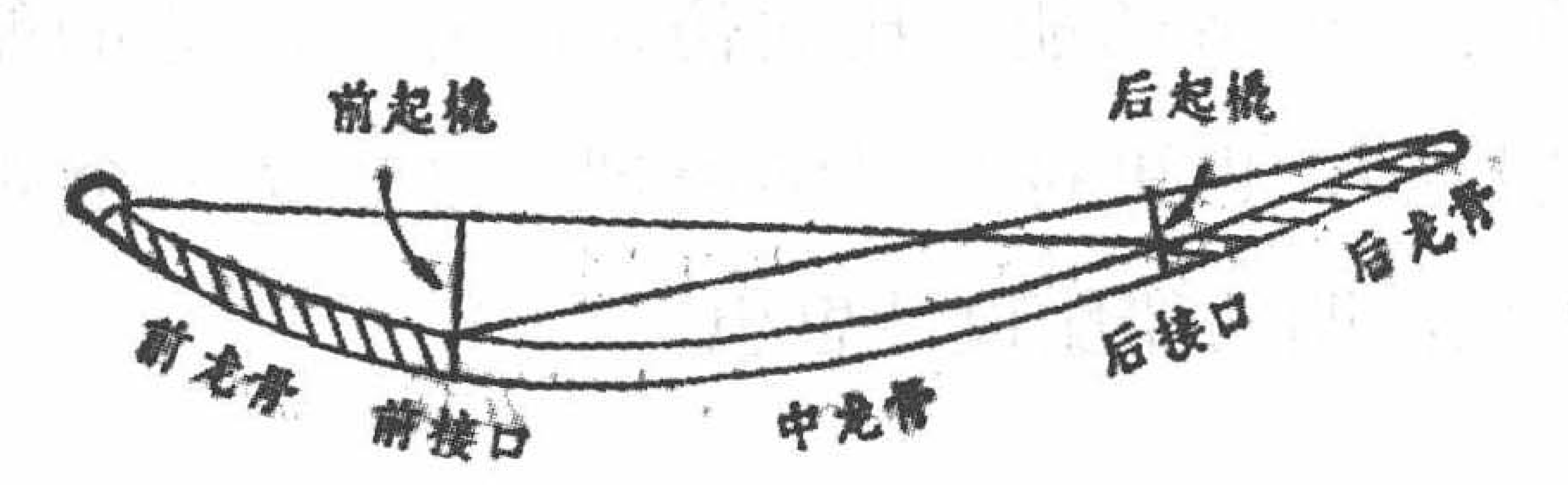
《武经总要》里写着：海鹘船的披水板就象张开的鹘翼一样。从这句话可以推测，中国古代海船两舷侧的披水板、大竹橐、太平篮等设置，可能是仿照水鸟两翼而创造的，可以用来增强船在风浪中行驶的稳定性。在闽浙一带，更有一种船型就称鸟船，因为它的形状像一只浮在水面上的水鸟，是我国古代的一种优良船型。近代科学表明，这种仿水鸟的外形所造的船，比起仿鱼的外形所造的船来，性能要优越得多，也更符合科学原理。这也从一个侧面反映了中国古代高明的船舶设计思想。

三　船舶设计

中国古代的统治者不重视科学技术，知识分子的注意力也大都集中在熟读经史，进入仕途。因此尽管中国造船的历史悠久，技艺高明，但是有关造船工艺技术的文字记

载却很少。即使有些记载，也是只言片语，很难得知详细情况。我们只能从仅有的文献记载，参照出土文物，结合社会上工匠传授的传统技艺，得知一些古代的概略情况。今天我们对于古代许多科学技术的了解大都是这样，对于船舶设计的了解也是这样。

我国古代的船舶设计，一般说来是沿袭着工匠传授的传统，就是师传徒或父传子，一代一代言传身教。广大的造船工匠在造船的实践中积累了丰富的经验，对各种船只的结构、尺寸比例（包括整艘船和各个部件）、特征和性能都了如指掌，有的工匠还画有粗略的图样和简单符号。他们就是依据这些来建造船舶的。这样历代沿袭，形成了一种普遍采用的传统方式，这虽然是经验性的、初级的船舶设计方法，却是历代造船工匠的心血结晶。我们可以从清初福建赶缯（zēng）船的设计中了解一个大概的情况。



赶缯船龙骨纵剖面图。龙骨每一丈配前起橇五寸或五寸二分，配后起橇二寸六分，不宜过高。赶缯配接口长四尺。

赶缯船龙骨设计示意图

清初福建赶缯船的设计，是福船系统设计放样的精华。建造赶缯船的关键，是确定龙骨。方法是先决定龙骨的长度，再按比例决定首龙骨、中龙骨、尾龙骨的长度，接着决定龙骨两端起橇（就是起翘），也就是确定龙骨的弯度。

龙骨的长度和弯度确定以后，就以龙骨为中轴，按照赶缯船的体型特征，选取龙骨的前、中、后安置横梁的几个位置，在两边对称地确定船的上下宽度，再确定横梁和其他部件，从而构成了船体的基本线型图。

这种设计方法非常简便，效果良好，改变船的上下宽度就可以改变船的整体，改变底和舷的弯曲程度就可以进行局部调整，把整体和局部有机地结合起来，形成了既简单易行又巧妙灵活的设计方法。

除这种传统的设计方法以外，我国古代还有先设计制作船模、然后按照船模建造船只的工艺方法。宋朝处州（今浙江丽水县）知州张觷（xué）在造大船以前，曾经先造了一只小船，然后按它的尺寸放大十倍来建造大船①。《金史·张中彦传》记载，金正隆年间（1156～1160），张中彦奉命建造黄河上的浮桥，需要制造巨大的船舰，可是工匠不知道怎么造法。于是张中彦造了几寸大小的木船模型，让工匠仿照制造大船，顺利地完成了浮桥工程②。这种先做模型再造船的方法，是船舶设计中的一大进步。值得一提的是，当张中彦主持建造的大船造好以后，有命令要征调附近百姓来拖船入水。张中彦却不劳师动众，他设计了一种船舶下水的新方法，只用几十个民工整理船只所在

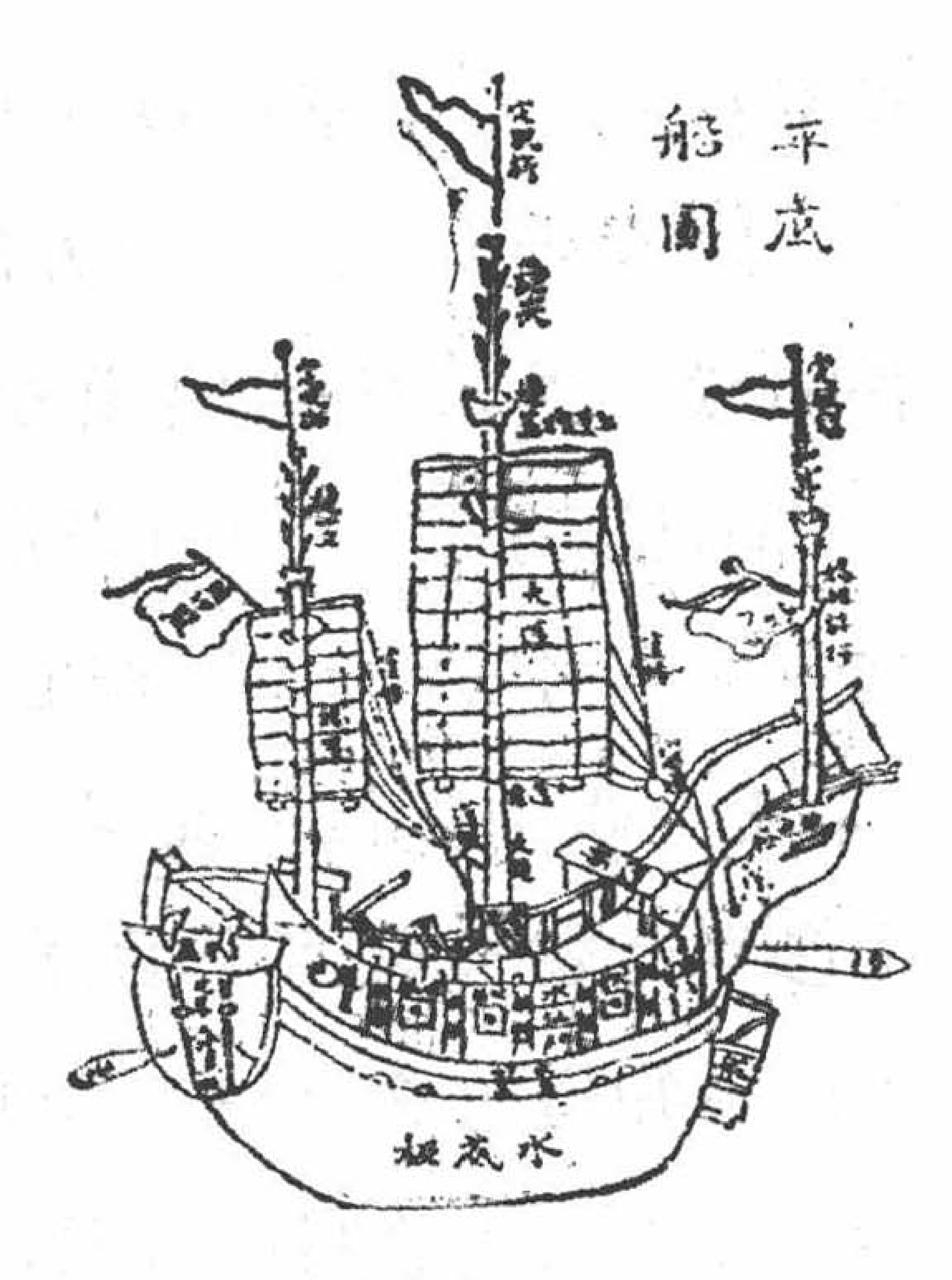
---

① 见《宋史·张觷传》："造一小舟，量其尺寸而十倍算之。"

② 见《金史·张中彦传》："作河上浮梁，复领其役。舟之始制，匠者未得其法，中彦手制小舟才数寸许，不假胶漆而首尾自相钩带，谓之'鼓子卯'，诸匠无不骇服，其智巧如此。"

的地段，使它倾斜入河中，在地面上铺满新割的秫秸，再用大木头把秫秸两侧固定起来，到凌晨秫秸上结霜起滑后，就在秫秸上拖船入水，节省了大量劳力[①]。这种巧妙利用地利和天时来节省劳力、提高工效的方法，可以说是一种具有很高科学价值的发明创造。在古代，我国大都是利用倾斜的地势使新船下水的，它体现了我国先民因地制宜和改造、利用自然环境的优良传统。

在宋朝以后，我国官方的造船厂中出现并且形成了一套先绘制“船样”，然后造船的设计法则。所谓“船样”就是比较详细的船舶设计图纸。《宋会要·食货》中记载，温州曾经按照制置司发下来的两本《船样》，各建造了海船二十五艘[②]。在《船样》中绘有船图，并且注明船体和各部件的大小尺寸，还规定了用料、用工、造价。应用《船样》造船是船舶设计中的一个重大突破和发展，它体现了人们对船舶的结构和性能特点已经有了比较深入、系统的认识。这种设计方法，在明



平底船整体图

① 见《金史·张中彦传》：“浮梁巨舰毕功，将发旁郡民曳之就水。中彦召役夫数十人，沿地势顺下倾泻于河，取新秫秸密布于地，复以大木限其旁，凌晨督众乘霜滑曳之，殊不劳力而致诸水。”

② 见《宋会要·食货》：“温州言，制置司降下《船样》二本，仰差官买木，于本州有管官钱内各做海船二十五只。”

清的官方造船厂中得到了普遍应用。现存的清朝《闽省水师各标镇协营战哨船只图说》的手抄本，是这种设计方法的一个最好说明。书中既有船舶的整体图，又有平面图，记载有五类船只的大小尺寸、结构以及各部件名称。上图就是书中的平底船整体图。可惜的是这个手抄本不在国内，它流落在马堡的普鲁士国立图书馆中。

除了一般船舶的设计和建造外，我国古代还设计了许多特殊用途的船只。比如破冰船、浚河船以及连环舟和两头船等，甚至有人设想了水下航行的“沦波船”。“沦波船”的设想记载在4世纪的东晋王嘉的《拾遗记》中，它的形状像螺，所以又称做“螺舟”。想象中的“沦波船”可以“在海底潜行，水不会浸入。”[①] 虽然这个设想没有实现，根据当时的科学技术水平也无法实现，但这可以说是潜水艇的最早设想，在一千五六百年以前能有这样的设想，十分难能可贵。破冰船发明在12世纪的金朝，金朝的蔡珪在《撞冰行》诗中，用“舡头傅铁横长锥”的诗句，描写了这种破冰船。“舡”就是船，“傅”字在这里是“附着”的意思，也就是说在船头包附着铁皮，上面横着长的尖锥，可以在结冰的河中破冰前进。它可以说是现代破冰船的鼻祖了。

---

① 见《拾遗记》：“沉行海底，而水不浸。”

第九章

历代战船

一　早期的战船

战船是从民用船只发展起来的，但是战船既要配备进攻手段，又要防御敌方进攻，因此它在结构和性能上的要求都比民用船只高。可以说，各个时期的战船代表着当时最高的造船能力和技术水平，也从一个侧面反映了当时的经济力量和生产技术水平。

早期的军用船只和民用船只是混用的，没有专门的水军和军用船，只有在需要的时候才征调民用船，并且只用来渡河，不用来作战。最早关于军队用船渡河的记载，是《史记》中记述的3000多年前周武王跟八百诸侯会盟，率领军队渡过孟津，讨伐殷纣王的军事行动。孟津（在今河南孟津县东北，孟县西南）是黄河的一个渡口，是直捣殷商王朝别都朝歌（今河南淇县）的必经之处。这里水势凶恶，渡河要冒很大风险，但是又势在必行。因此，周军调借了大批民船，先进行了一次渡河的演习。两年以后，周武王就率领战车300辆，虎贲（近卫军）3 000人，甲士45 000人，会集各路诸侯，在孟津渡河消灭殷商。

大约在春秋时期，开始建立了水军和建造作战用的军用船只。据《左传》记载，公元前549年夏天，“楚国建立水师去攻伐吴国”[①]。这是史籍中明确记载的最早水战，说

① 见《左传》：“楚子为舟师以伐吴。”

明当时已经建立了水军，建造了作战船只。在春秋战国时期，长江中游的楚国，长江下游、太湖流域的吴国，杭州湾沿岸、钱塘江流域的越国，济水流域、山东半岛的齐国，都很重视水军的建设，它们都有强大的水军。

吴国水军的战船是当时最有名的，它包括“艅艎”（yú huáng），“三翼”、“突冒”、“楼船”、“桥舡”等各种舰艇。艅艎又写作“余皇”，是王侯乘坐的大型战船，战时作为指挥旗舰。晋葛洪在《抱朴子·博喻》中说：艅艎船首绘有鷁鸟的图案，有优良的航行性能①。三翼包括大翼、中翼、小翼，是主要战舰。大翼长十丈，阔一丈五尺，可以载士卒九十多人，其中有划桨手五十人，管理停泊和航向的三人，专管武器的四人；中翼长七丈，阔一丈三尺；小翼长五丈六尺，阔一丈二尺。三翼体型瘦长，长宽比是五比一到七比一，桨手众多，航速很快，唐朝诗人元稹甚至用它来形容时光的迅速流逝，写下了“光阴三翼过”的诗句。吴国的水军编制仿照陵（陆）军的车战法，《越绝书·逸文》记载：“大翼舰相当于陆军的重车，小翼舰相当于陆军的轻车，突冒船相当于陆军的冲车，楼船相当于陆军的行楼车，桥船相当于陆军的机动骑兵。”② 重车、轻车、冲车、行楼车等都是当时的战车。公元前525年，在吴征伐楚的水战中，楚国水师大败吴国水师，连艅艎巨舰也被楚国俘获。

---

① 见《抱朴子·博喻》：“艅艎鷁首，涉川之良器也。”

② 见《越绝书·逸文》：“大翼者当陵军之重车，小翼者当陵军之轻车，突冒者当陵军之冲车，楼船者当陵军之行楼车，桥舡者当陵军之轻足骠骑也。”

但是经过一段时间的严格训练以后，公元前506年，吴国水师再次沿长江西上攻打楚国，直达汉水，打败楚国水师，获得了胜利。

由于文字记载过于简略，又还没有发现遗存的实物或实物模型，所以对早期战船的形制和结构已经无法详知。但是我们可以从战国铜器的攻战图上，窥知战船的大致情况。图上的战船是瘦长型的，可能属于三翼船。船分上下两层：下层供桨手划桨用，有船舷保护；上层供战士作战用。船上没有帆樯，完全靠人力划行。船尾部有专人司鼓，来指挥船舰的进退和作战。这些水战图案，反映了当时的水师和船舰已经比较成熟，有相当强的作战能力。


铜器上的水陆攻战图

二　楼船

楼船，顾名思义，就是有楼的船。上面已经提到，春秋战国时期楼船已是一种重要船舰，被看作是相当于陆军的行楼车。秦朝以后，楼船不断发展，成为水军的主力船舰之一。《汉书·严安传》记载，秦始皇已经派大将率领用

楼船组成的舰队攻打越国。《史记·平准书》记载，汉武帝为了征伐广东、福建的越人，“建造了高达十多丈的楼船，船上插着旗帜，很是威武雄壮。”① 史书中甚至称江淮一带的水军是“楼船士”或“楼船”，称水军统帅是“楼船将军”，反映了楼船在汉朝水军中的重要地位。

汉朝以楼船为主力的水师已经非常强大。一次战役就能出动楼船 2 000 多艘，水军 20 万人。舰队中除了楼船以外，还配备有其他各种作战舰只，有在舰队最前列的冲锋船“先登”，有用来冲击敌船的狭长战船“蒙冲”，有快如奔马的快船“赤马”，还有上下都用双层板的重武装船“槛”等。率领舰队的将领，也大都用船名来命名，除“楼船将军”外，还有“戈船将军”、“下濑将军”等。

楼船本身大小不等，层数也不等。有两层的，第二层称“庐”；有三层的，第三层称“飞庐”；有四层的，第四层称“雀室”（也称作“翟室”、“爵室”），意思是在室中候望，好像鸟雀的惊视一样。作战用的楼船一般是三层，每层都有防御敌方射来的弓箭矢石的“女墙”（就是矮墙），女墙上开有用作发射弓弩攻击敌方的窗孔。为了防御敌方火攻，船上还蒙上皮革。楼船上还树立旗幡，以张声势。



楼　船

---

① 见《史记·平准书》：“治楼船，高十余丈，旗帜加其上，甚壮。”

楼船也被作为皇帝的游船。公元前113年，汉武帝曾经跟群臣乘楼船在汾河上游览，作有《秋风辞》，其中有“泛楼船兮济汾河，横中流兮扬素波，箫鼓鸣兮发棹歌”等句。《太平御览》记载，汉朝“豫章”号大楼船，船上造有许多华丽的宫室，可以乘载万人。《后汉书·公孙述传》记载有用丝帛装饰的“十层赤楼帛兰船”。这些大楼船当然不能作战，只是特别建造来供帝王享乐的，但是也反映了当时造船技术所达到的水平。

楼船在晋朝继续得到发展。在西晋灭吴的水战中，使用的就是以楼船为主所组成的舰队。晋在灭了蜀汉以后，为了进而灭亡吴国，统一全国，派王濬在四川建造楼船，组成庞大的水军舰队。王濬所组织建造的楼船，大者方百二十步（步是古代的长度单位，一步是六尺），可以载两千多人，舱面上建有瞭望台，船上可以驰马往来，被称为“舟楫之盛，自古未有”。279年十一月晋武帝发兵二十万，水陆配合，大举攻吴。280年正月，王濬率领由七万水军所组成的强大舰队，从四川顺江东下，首先用巧妙的办法清除了吴国的水上封锁线。当时吴国为了阻止晋军进攻，进行消极防御，在长江西陵峡上游的航道上设置封锁线，江面上安装拦江铁链（古代称铁锁），水下布设了许多很长的铁锥。吴国以为有了用这些障碍物所构成的防线，加上水流湍急，两岸是悬崖峭壁，晋军舰队如果急驶而下，不是被锥戳破，就是猛撞铁链而船毁人亡，所以没有派军队驻守。王濬为了突破封锁线，精心设计制造了几十只大木筏，

让熟悉江道水流的将士撑驾，在舰队前面开路，铁锥扎在木筏上就被拔掉。为了对付横江铁链，王浚造了一种特制火把，每支长十多丈，粗几十围，灌上麻油，安装在船的前方，遇到铁链就点燃火把，把铁链烧软，然后砍断。这样，王浚的舰队势如破竹，一路连破吴军，直逼吴都建业（今南京），为灭亡吴国、统一全国立下了大功。唐朝诗人刘禹锡在《西塞山怀古》诗中，高度概括和生动地描述了这次战争："王浚楼船下益州，金陵王气黯然收。千寻铁锁沉江底，一片降幡出石头。"益州就是现在的成都，金陵就是现在的南京，石头指石头城，也是南京。寻是古代的长度单位。一寻是八尺。

晋朝以后，楼船仍是水军的重要船舰。但是因为它"如果遇到暴风，那就无法靠人力加以控制，使用起来不大方便"，所以宋朝以后，水军中虽然仍有楼船，但是大都只是为了张扬声势罢了①。

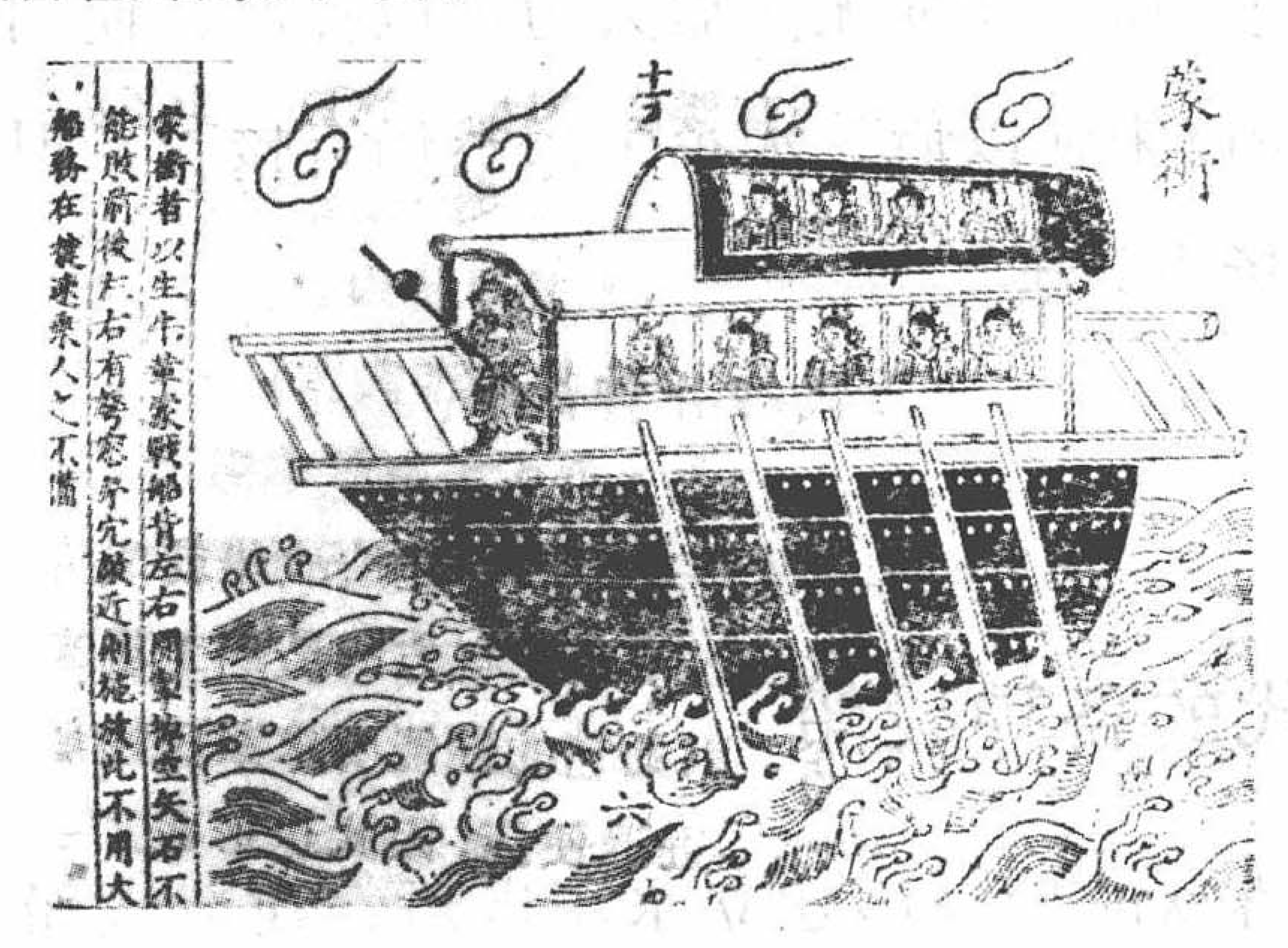
三 历代的各种战船

自从春秋时期我国建立水军以后，建造战船就成为造船业的一个重要方面，历代政权都设立官方的造船工厂来

① 见《武经总要》："若遇暴风，则人力不能制，不甚便于用。然施之水军，不可以不设，足张形势也。"

制造战船。战船主要用来作战，因此它的性能要求跟民用船只不同，更注重的是坚固和快速，进退便捷，因此也形成了一套战船设计和制造的指导思想，就是以“帆橹轻便为上”。在这一思想的指导下，随着造船技术的发展，新型的优良战船就不断地产生出来。

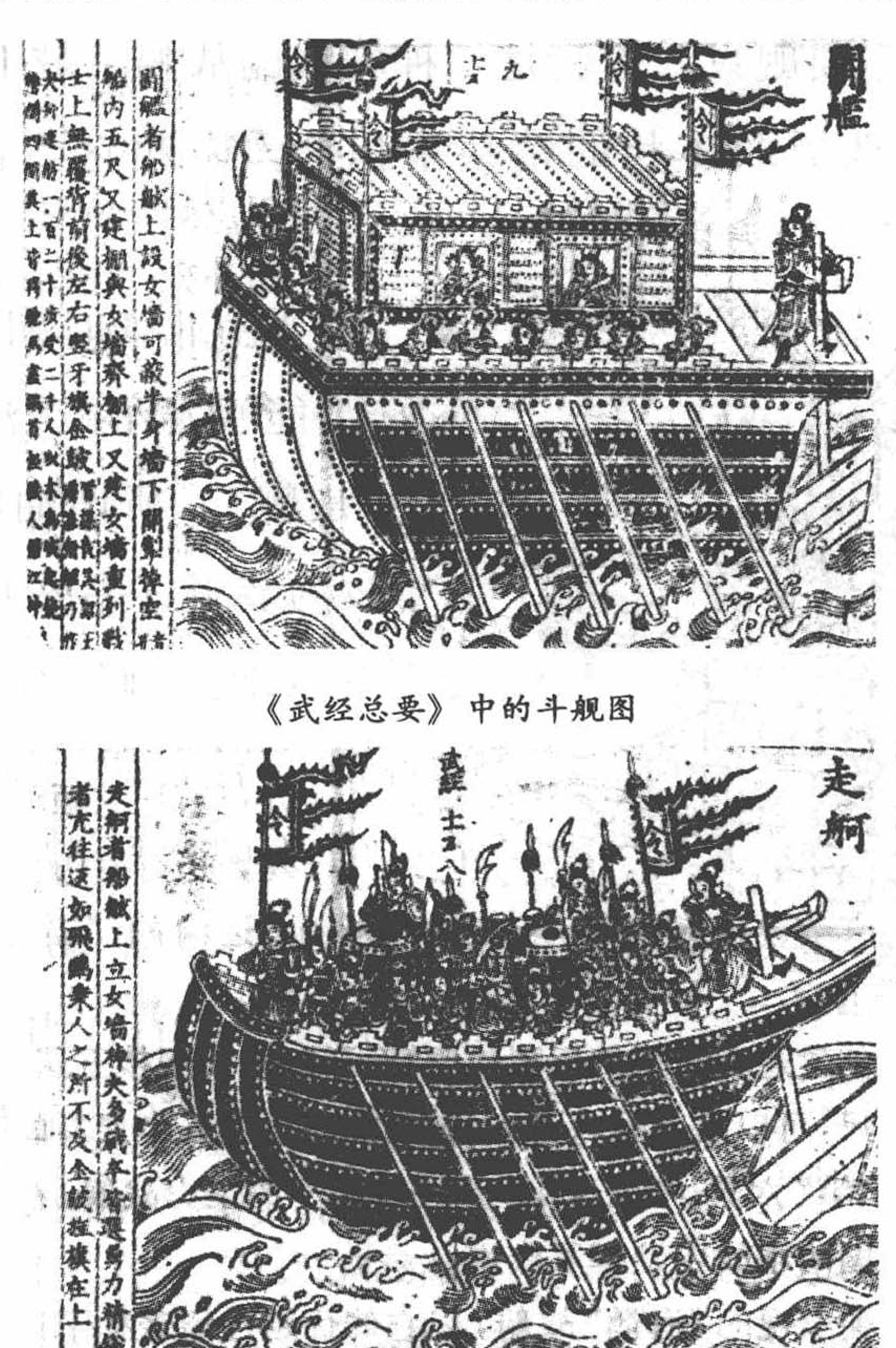
科学技术是有继承性的，特别是在古代社会里，科学技术的发展非常缓慢，继承性就更加明显，一种器械发明以后可能沿袭几百年，甚至一两千年。尽管随着时代的推移，生产技术不断有所进步，使沿袭的器物有所改进，但是变化是很少的。战船也是这样，有不少重要的船舰是历代沿袭的。同时，科学技术又在不断进步，不断有所发明、有所创新。因此，在时代的推移中，又有新型的战船创造出来，被后世沿袭下去。



《武经总要》中的蒙冲图

在汉朝的水军中，主要战船除楼船外，还有前面提到过的“蒙冲”，以及“斗舰”和“走舸”等，并且被后代所沿袭。蒙冲是一种主力战斗舰，它用生牛革蒙住船背，

以冲突敌方舰队而得名。船舷两侧开有棹孔，桨从棹孔伸

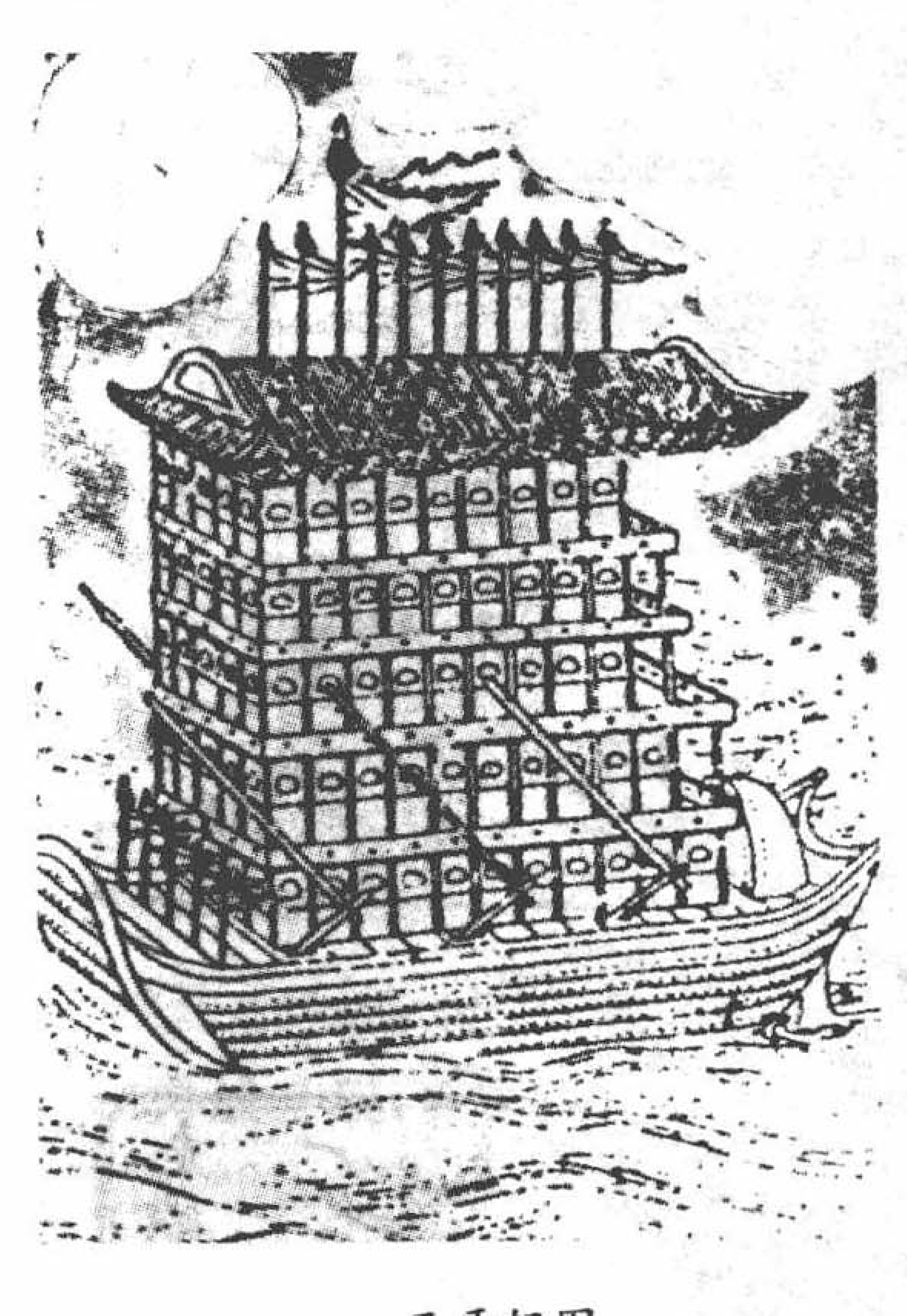


《武经总要》中的斗舰图

《武经总要》中的走舸图

入水中，战士在舱里划桨，敌人的矢石打不中，保证船只能够在战斗中行驶。甲板上舱室的前后左右都开有孔洞，可以施用弓弩和长矛来进攻敌方。蒙冲一般不用大船，要求“务在捷速，乘人之不备”，突袭敌军以制胜。斗舰也是一种主力战船，船舷上设置女墙，可以掩蔽士兵的下半身；墙的下面船舷上开有棹孔，跟蒙冲一样；甲板上建有棚，棚上又建有女墙；棚上没有覆背，前后左右竖旗帜金鼓，

用来指挥作战。斗舰的战斗力强，又可以壮大舰队声势，是水军的重要舰只。走舸是一种轻快的战船，舷上立女墙，划桨手都选勇敢体壮的精兵来担任，因此它“往返如飞鸥”，可以“乘人之所不及”而克敌制胜。



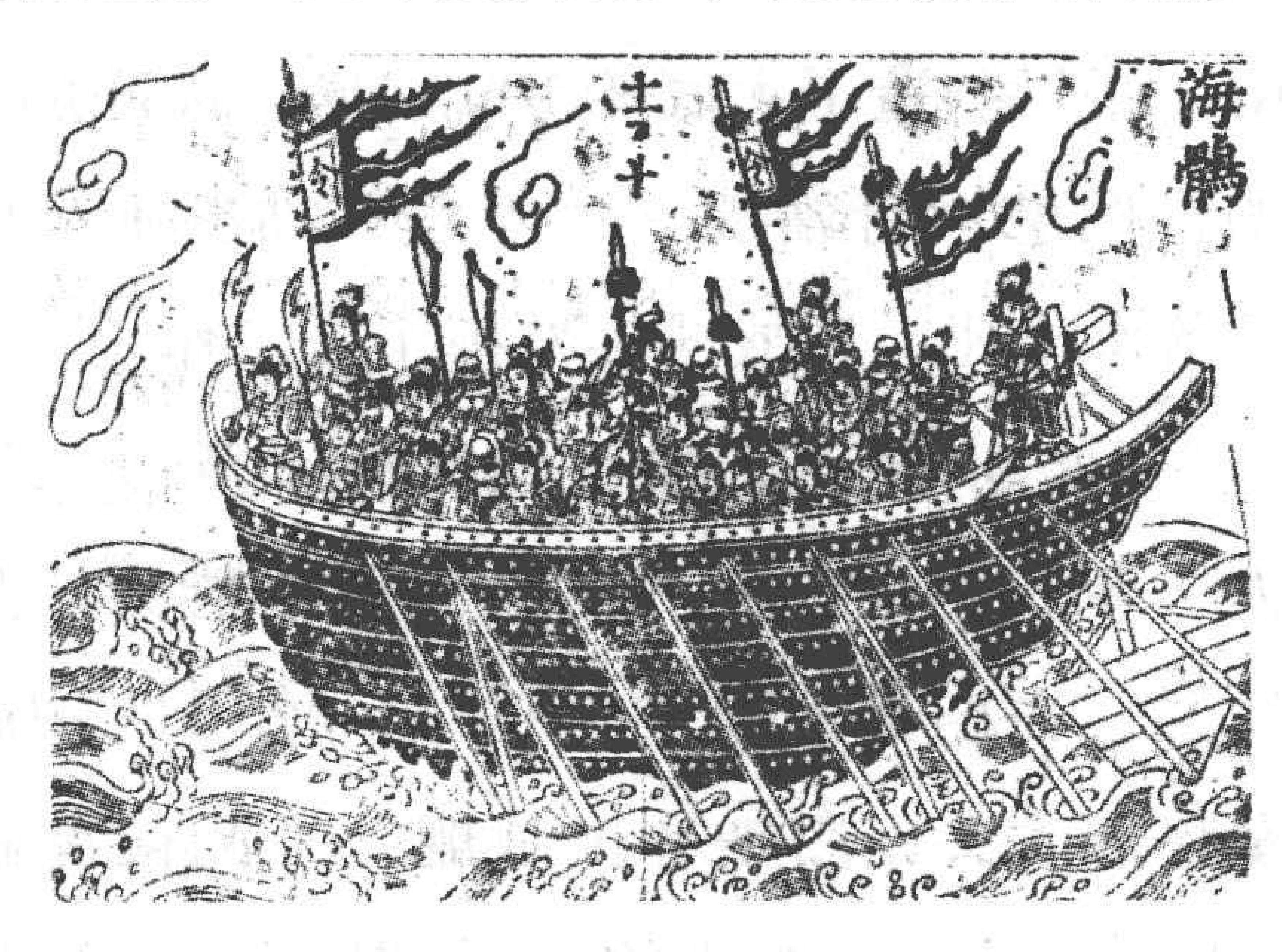
五牙舰图

魏晋南北朝时期，出现了防护性能更强的“油船”和“装甲皮舰”，所谓油船是船外裹牛皮为装甲，牛皮上涂桐油，能更有效地防御矢石。这时期还出现了装备重型武器“拍竿”的战舰，所谓“拍竿”，就是在舰上设置80尺高的巨木，上面悬巨石，当敌船迫近的时候就发巨石把它砸坏。另外，还有专门从事军事运输的“辎重舰”等。

隋朝建造有新型的巨型战舰“五牙”，舱面舰楼五层，高达100多尺，可以载士兵800人，前后左右设置50尺高的水战利器“拍竿”六具。“五牙”作为一种新型的主力战舰，在当时统一全国的水战中发挥了作用。

唐朝出现的“海鹘”战船，以它的优越性能著称于世。据《武经总要》记载，海鹘船的形状是头低尾高，前大后小，就像鹘一样。在船舷的两侧都置有浮板，像鹘的双翼，起着平衡的作用，提高了抗沉性和稳定性，因此“虽风涛

怒涨，而无侧倾覆背”的危险，在狂风恶浪中仍可继续作战。船左右还用“生牛皮为城”，起着防护作用。



《武经总要》中的海鹘战船图

宋元时期的军用战船有不少创新和改进，并且在船上装置了火药武器。1169 年，水军统制冯湛建造了一种新式的多桨船。它采用了“湖船底”、“战船盖”、“海船头尾”。湖船底可以过浅水，战船盖可以迎敌，海船头尾可以破浪航行。这种船是八百料船，长八丈三尺，阔二丈，用桨四十二支，可以乘载士兵两百人，行动便捷，江河湖海都可以航行。它把几种船型的长处综合在一起，从而构成新船型，这一方法，是造船技术的一个重要创新。另有一种称做“海船”的战舰，分大、中、小三等。其中，大的阔二丈四尺以上，面阔底尖，面阔跟底阔的比大约是十比一（比如面阔二丈四尺，底阔只有二尺四寸），舰上配置有“望斗、箭隔、铁撞、硬弹、石炮、火炮、火箭以及兵器”等，是一种适于海战的船舰。在宋元襄樊水战中，还发明了一种无底船。1268 年，元军围困襄阳、樊城，在“望断

救兵无消息”的困境中，南宋军民死守两城达五年之久。1272年，民兵领袖张贵率领3 000民兵援助襄阳。在保卫襄阳的战斗中，张贵制造了无底船100多艘。无底船中部无底却竖有旗帜，两舷设有站板，军士立在站板上，引诱元军跃入船中而落水溺死，在战斗中发挥了一定作用。

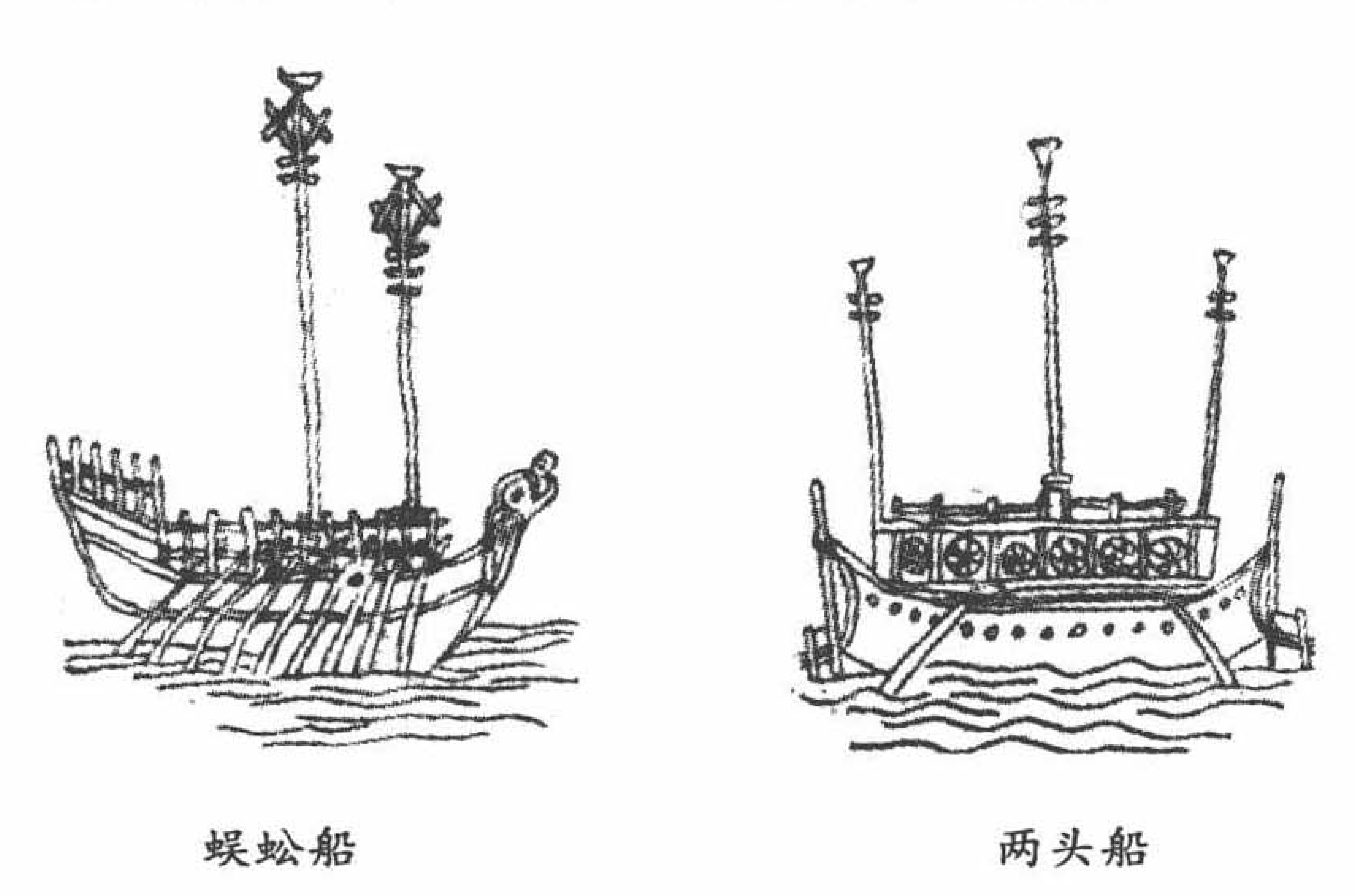
此外，宋元时期还对车船（参见第十章）和海鹘战船进行了重大改革，使它们具有更大的作战能力。其中海鹘战船的改进是，在船舷两侧加装铁板，增强防护能力，在船首加装犀利的铁尖，用来冲击敌舰，因此被称做“铁壁铧觜平面海鹘战船”。这里“觜”通“嘴”。这种战船是一千料船，长十丈，宽一丈八尺，深八尺五寸，底板阔四尺，分成十一个水密隔舱，两边各有橹五支，可以载士兵108人，水手42人，是一种结构特别坚实、战斗力强、能冲击敌舰的新型战舰。


大福船

明清时期为了加强海防，很注意海军的建设，并且有严格的编队制度，成为世界海军战舰编队的肇始。当时的战舰有20多种，其中著名的海战战舰就是前面提到过的福船和广船。

福船高大如楼，底尖上阔，首昂尾高，两侧有护板，吃水四米，耐风浪，还有防火设备，

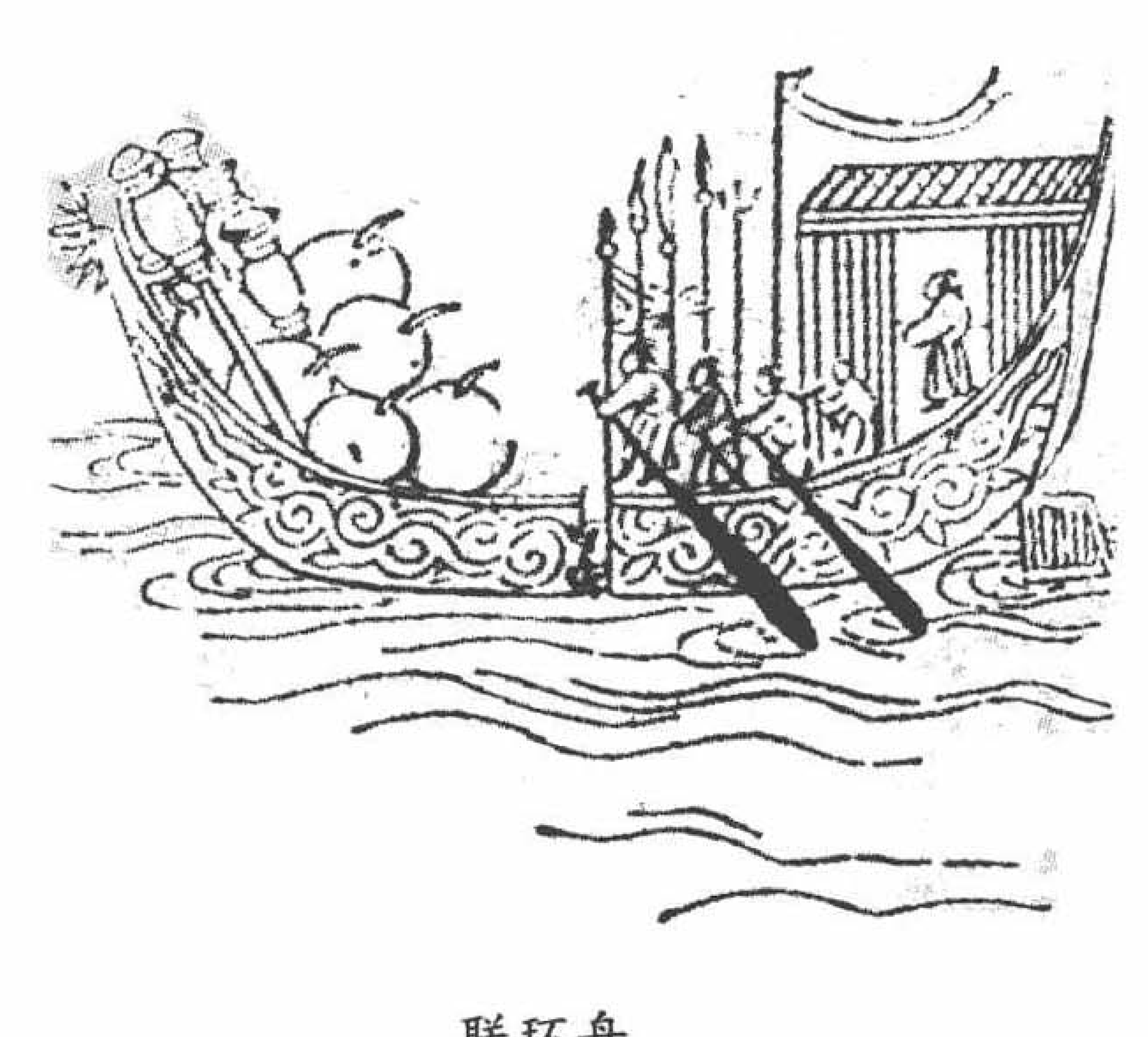
可以载士兵一百人，全船分做四层，下层装土石压舱，二层住士兵，三层是主要操作场所，上层是作战场所。舱面设有“木女墙”和“炮床”，可以居高临下发射“矢石火器”，战斗力强。福船船头高昂，有坚强的冲击装置，能够乘风下压而犁沉敌船，是明清两朝的主要战舰。戚继光在抗倭战斗中，赞扬“福船乘风而下，如车辗螳螂”。



蜈蚣船　　两头船

广船比福船更加庞大和坚固，特别是火力配备更强，既可施放火炮，又可抛掷火球，是一种攻击力很强的战舰。

此外，舰队中还有许多小战船，以及具有一些特殊用途的小艇，如“联环舟”、“蜈蚣船”、“两头船”等。“联环舟”是一种狭长的、吃水浅的驳船，分成独立的两段，前段装满爆炸物，士兵在后段划行中引燃爆炸物，再把两段分开，使前段向前冲去爆炸目标，后段仍可



联环舟

以划回。“蜈蚣船”因为它的两侧船桨众多，犹如蜈蚣而得名，是一种多桨快速船，船上装有火炮，是近海作战用的快艇。“两头船”两头都可以作船头，它进退操纵灵活，“旋转在柁，因风回驰”，也是近海作战中的一种得力战船。

第十章

车　船

一　现代轮船的始祖

现代航行在江河湖海中的各种轮船，实际上是靠动力装置带动螺旋桨旋转而推进的，已经没有“轮”了。它们所以被称做轮船，只不过是沿用原有的名称罢了。最早的轮船是有“轮”的，是由动力装置带动轮桨转动而使船舶前进的。现在的一般说法是，轮船的起源在蒸汽机出现以后，人们用蒸汽机做动力，改造了船舶，发明了轮桨。最著名的轮船制造者是美国工程师富尔顿，1807 年他在纽约制造了用蒸汽机做动力的明轮船“克莱蒙脱”号，开始了用轮船从事定期运输的历史。继续向前追溯，有 16 世纪欧洲人使用的车轮船；15 世纪欧洲关于用牛力做动力、带动车轮前进的战船的设想；14 世纪欧洲关于用人力摇动或者转动桨轮、推动船只前进的设想等。但是，这些都不能算作轮船的始祖。轮船的始祖在中国，而且时间至少可以上溯到 8 世纪，比欧洲早 800 多年。

在中国古代，轮船也称做车船。关于车船的最早的明确记载，出现在唐朝。在《旧唐书·李皋传》中，记载了李皋设计制造的一种新型战舰，它装有两个轮桨，每侧一个，士兵用脚踩踏，带动轮桨转动，使船前进，它的速度跟挂船帆一样快。[①] 至于更早的记载，有《南齐书·祖冲之

---

① 见《旧唐书·李皋传》：“挟二轮蹈之，翔风鼓浪，疾若挂帆席。”

传》中所记载的，祖冲之建造的“千里船”，可以日行一百多里。有人认为这应该是车船，但是史书没有明确记述，它究竟采用哪一种推进工具，已经无法知道。

二　岳飞和杨么的水战

历史上关于车船的故事，最著名的是岳飞和杨么的水战。在《说岳全传》第二十八到三十回中，描写了岳飞跟太湖起义军杨虎所进行的战斗。杨虎有四队兵船，“第二队名为‘弩楼船’，也有五十号。头尾俱有水车，四围用竹笆遮护，军士踏动如飞。船面上竖立弩楼，弩楼上俱用生牛皮做成挡牌，军士在上放箭。弩楼下军士亦用挡牌护体，各执长刀砍人。所以官兵不能取胜”。岳飞为了破这队“弩楼船”，派部将王贵“带领几十号小船，去打捞水草，堆贮船中，躲在两旁。待他那第二队‘楼船’来时，把草船使（驶）出来，将水草推下水去，塞住他的车轮”。等到岳军和杨虎水军交战的时候，“……一声鼓响，第二队‘弩楼船’拥将上来，万弩齐发。岳元帅又将红旗一招，照旧睡倒竹城。王贵将草船放出，一齐将水草推下湖去。那‘楼船’上水车，却被水草塞住车轮，再也踏不动，那船好似钉住一般，转折不来。王贵豁喇一声，率领众军跳上‘楼船’，……”于是岳军战胜了杨虎的水军。这些虽然是历史小说里的描写，却不是凭空想象出来的，而是根据历史事

实进行改编的。历史小说里的太湖杨虎就是洞庭湖地区农民起义首领杨么，“弩楼船”是车船，它的实际战斗力比描写的还要强得多。岳飞跟杨么的水战发生在1135年（宋绍兴五年）。

在《宋史·岳飞传》中有这样一段记载：说杨么起义军“在跟南宋官军对抗的时候，有一种‘以轮激水’的船只，它航行如飞，船旁设有撞竿，官军的船只迎上去就被撞竿击碎。岳飞派人到君山伐木做成巨筏，用来堵塞港汊。他又派人找来腐烂的木头和乱草，从上流漂浮而下。然后选择水浅的地方，派善骂的人去挑战，在水上边行驶边骂，激怒起义军，使他们来追击。因为腐木乱草壅积，起义军船上的轮桨被阻塞不能行动，岳飞立即派兵出击。”① 从这段记载看，杨么的车船是很厉害的，它不但能够“以轮激水，其行如飞”，而且还设有撞竿，可以击碎官军的船只。所谓撞竿，又叫拍竿，就是在第九章《历代战船》中介绍过的那种重型武器。杨么义军用这种战船屡败南宋官军，最后才因叛徒出卖，



《防海辑要》中的车船图

① 见《宋史·岳飞传》：杨么“负固不服，方浮舟湖中以轮激水，其行如飞，旁置撞竿，官舟迎之辄碎。飞伐君山木为巨筏，塞诸港汊，又以腐木乱草，浮上流而下，择水浅处遣善骂者挑之，且行且骂，贼怒来追，则草木壅积，舟轮碍不行，飞亟遣兵激之。”

被岳飞所破。岳飞在抗金战斗中不愧是一位民族英雄，但是镇压杨么起义军是他对腐败的南宋朝廷的愚忠，反映了他的历史局限性。

三　车船的发展

车船在唐朝虽然已经出现，但是获得实际应用和发展却在南宋。在岳飞跟杨么水战以前，1132 年王彦恢就建造了一种小型的车船——“飞虎战舰”，船旁设有四轮，每轮有八叶桨片。以后，南宋水军的木工高宣对车船作了改进，建造了有 8 个轮桨的“八车船”。在南宋水军跟杨么义军的战斗中，有两艘车船连同高宣一起被杨么义军俘获。高宣又在义军中对车船作了改进，他在两个月里替义军建造大小车船十多种。其中有一种 24 轮车船，它的上层建筑分成三层，高达 10 丈以上，可以载 1 000 名士兵。这样，大大增强了义军的作战能力。

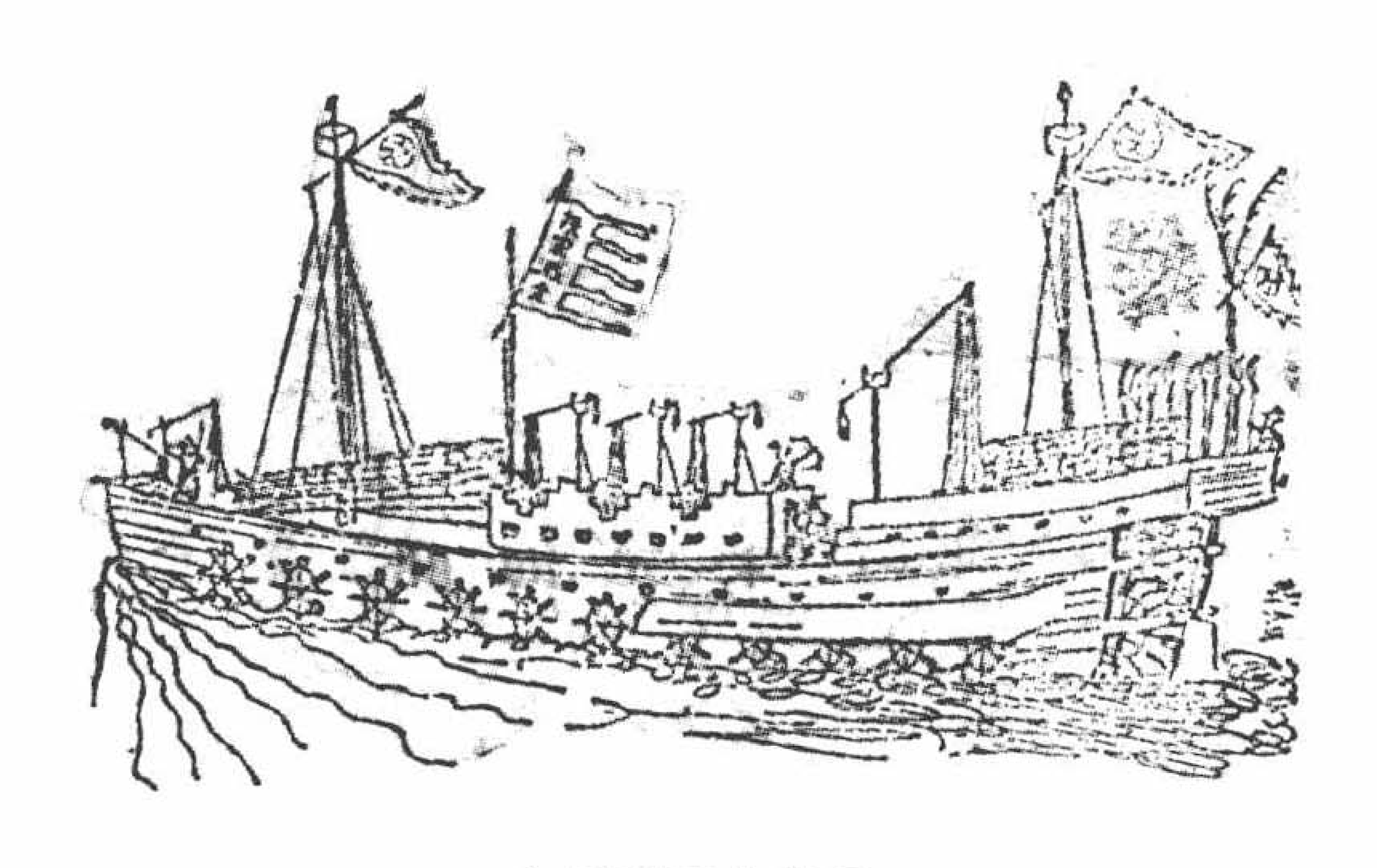
岳飞跟杨么水战以后，宋军按照俘获的车船式样又进行了扩建和改造，使车船战舰成为南宋水军的重要装备。当时车船的轮数，有 4 轮、6 轮、8 轮、20 轮、24 轮、32 轮等许多种。1179 年，在江西还出现了一种称做“马船”的新型车船，船上暗装女墙、轮桨，可以拆卸。它平时作渡船使用，运送军马，战时可以改装成战船，用来作战。1183 年，陈镗建造了多达九十轮的车船，受到了宋孝宗赵

脊（shèn）的奖赏。有的车船还在船尾装了一个大桨轮，以便增加航速。中型车船可以载士兵200～300人。大型车船一般长20～30丈，吃水1丈左右，可以载600～700名士兵。最大的车船能载1 000多人，长三十六丈，宽四丈一尺、高七丈二尺五寸。由于车船的桨轮都用木板盖住，外面看不见，踏轮的士兵又在舱里操作，不容易受到敌人的伤害，同时上层建筑中设置有弓弩、抛石机、撞竿、灰弹、毒水等武器，所以具有强大的战斗力。在南宋跟金朝的战斗中，屡次战胜金兵。

1161年十一月初，四十万金兵在国主海陵王完颜亮亲自率领下抵达采石（今安徽马鞍山市东岸），企图强渡长江，攻打南宋。于是发生了历史上有名的“采石之战”。当时，南宋的政权面临覆亡的危险，腐败的统治者已做了逃跑的准备。面对四十万金兵，驻守采石的宋军只有18 000人，而且原来的主将已经离任调走，新任命的主将还没有到职，宋军无人统帅，军心涣散。前去监督主将交接的虞允文不避危难，挺身而出，代替主帅，以“危及社稷，我将安避”的壮志，组织宋军抗金。在这关系到国家存亡，而又敌众我寡的形势下，虞允文发挥杰出的组织才能和军事才能，打败金兵，保住了南宋政权。

在战斗中，宋军的车船发挥了强大的威力。十一月初八日，完颜亮指挥几百艘战船强渡长江，为首的七十艘战船已经抵达南岸，受到岸上宋军的拼死抵抗。这时候，虞允文派遣车船猛冲中流的金兵战船，由于金兵战船底阔如

箱，行动不便，而且不熟悉江中航道，大多动弹不了，所以被宋军车船撞沉的达一半以上。经过终日激战，宋军取得了采石第一战的胜利。第二天又打退了金兵的反扑，终于保住了采石，逼使金兵退回扬州。虞允文估计金兵将会进攻京口（今江苏镇江），继续南侵，他又率领16 000 人援助京口。他命令士兵踏车船在大江中来回巡逻，船行回转如飞，金兵见了惊骇不已，始终无法渡过长江。不久，金



宋军所用车船图

兵内部发生叛乱，完颜亮被杀身亡，南渡计划宣告失败，南宋政权因此能够苟延残喘。图中的车船可能是“采石之战”中宋军所用的一种战船，是李约瑟根据有关高宣所造车船的文字记述绘制的，船旁轮子原来都有木板封盖，并不外露。从图中可以看出，船的两侧各有十一个桨轮，船尾还有一个大桨轮，船上有抛石机多个，并且配备了弓箭手，具有相当强的战斗力。

车船虽然速度快，但是当时所用的动力来源只能是人力，无法长途航行，只能在江湖和沿海地区就近使用。而且，车船因为需要许多人不断踩踏，要花费很多人力，所

以只能作为军用。民用船只人力有限，无法采用。直到蒸汽机出现以后，动力问题得到解决，轮船的制造和应用才得以迅速发展。

第十一章

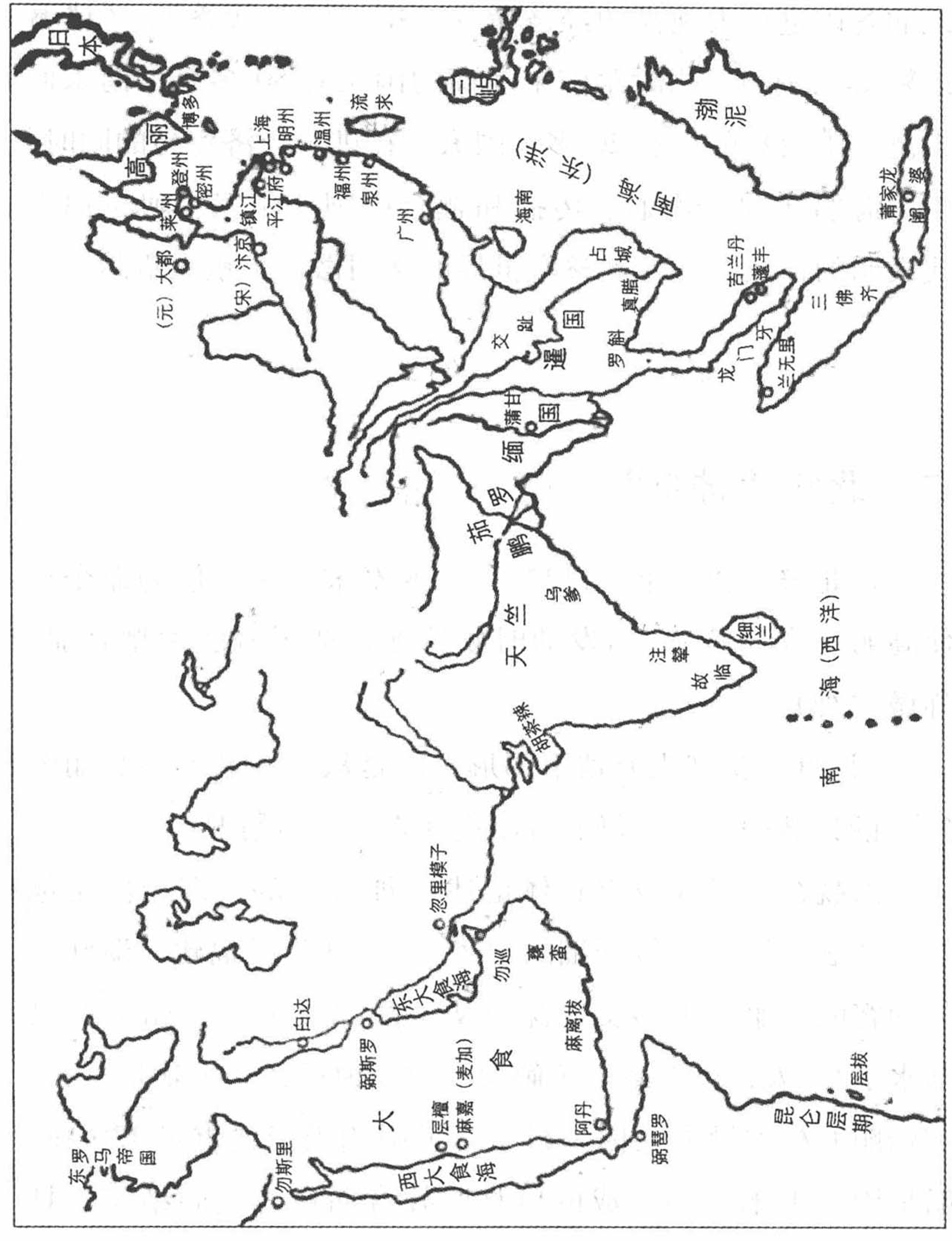
宋元海船

一　海上交通的空前盛况

宋元是我国历史上海上交通最繁盛的时期。当时的海上贸易成为政府的重要财政收入，比如南宋高宗赵构的时候，市舶收入达200万贯，超过北宋最高财政收入的两倍多。因此，宋、元政府鼓励海上贸易，造船业和航海业非常发达，造船技术和航海技术也都有重大的突破。

在唐朝中叶以前，往来于南洋的海船大都是外国的，在新、旧《唐书》中，“西域舶”、“西来夷舶”、“蛮舶”、“蕃舶”的名称屡见不鲜。中国人对外国海船也备加赞誉，如唐李肇的《国史补》中记载：“南海船是外国船。……斯里兰卡的船最大，船舱中顺梯上下有几丈高，都堆积着珠宝货物。”[①] 但是唐末以后，中国海船的水平已经超越了外国，到了宋元时期，中国海船几乎垄断了中国到印度之间的航线，不但中国客商坐中国海船，连外国客商也都搭乘中国海船。中国的海船以大、稳、安全、设备完美著称于世，再加上指南针的发明，航海技术的进步，更受到了各国客商的欢迎。元朝时候的阿拉伯旅行家伊本·拔图塔在《游记》里明确地记述了“去中国的人多乘中国船”。

① 见《国史补》：“南海船，外国船也。……师子国舶最大，梯面上下数丈，皆积宝货。”



日本
高丽
博多
登州
密州
莱州
（元）大都
（宋）汴京
镇江
平江府
上海
明州
温州
流求
福州
泉州
广州
海南
渤泥
交趾
占城
真腊
罗斛
暹国
吉兰丹
蓬丰
莆家龙
阇婆
三佛齐
兰无里
龙牙门
蒲甘
国
缅
罗
茄
鹏
天竺
乌爹
细兰
注辇
故临
胡茶辣
南海（西洋）
忽里模子
白达
东大食海
勿巡
瓮蛮
麻离拔
大食
弼斯罗
层檀
麻嘉（麦加）
阿丹
弼琶罗
西大食海
勿斯里
东罗马帝国
昆仑层期
层拔

宋元的海上交通图

在西太平洋和印度洋的航道上，通过中国海船的往返航行，中国跟朝鲜、日本以及东南亚、南亚、西南亚、东北非各国进行大规模的经济贸易。据《岭外代答》、《诸蕃志》等书记载，当时跟南宋通商的国家有50多个，南宋商人泛海去贸易的也有20多个国家。在进行经济贸易的同时，中国海船还起了沟通、传播和融合中国、印度、阿拉伯古代文明的作用，为发展整个世界的文明做出了重大贡献。

二　北宋“神舟”

在北宋宣和四年（1122），徐兢奉宋徽宗赵佶的命令出使高丽（今朝鲜），出发的时候特地建造了两艘大型客船，称做“神舟”。

“神舟”虽然没有留下图形，但是从《宣和奉使高丽图经》的记载中，人们仍旧可以窥知它的大概情况。

徐兢在书里并没有具体记述“神舟”的情况，但是他对于“客舟”有比较详细的记述。“客舟”是福建、浙江一带的客船，船长十多丈，深三丈，阔二丈五尺，船上有篙师水手60人，可以载二千斛粟。前面说过，一斛就是一石，在船舶的载重量中也称一料，二千斛相当于载重量120吨。船是用整根木头加工成的巨枋，叠合而成，坚固结实，具有很好的抗沉性。船的形状上部平得像天平，下侧却尖得像刀刃，属于尖底船型，可以破浪而行，适航性能良好。

船首有正碇和副碇，都用绞车控制，是停泊设备。船尾有正舵和副舵，正舵又分成大小两种，根据水的深浅可以分别使用。船的腹部两旁都设有用大竹子捆缚而成的橐（tuó，一种口袋），以抗拒风浪，增加船的稳定性，并且用来测量船的吃水深浅，装载的时候吃水不能漫过橐。船上有十支橹供划行用，另有帆桅以利用风力。大樯高十丈，头樯高八丈，帆有布帆和竹帆两种，除顶风以外，其他方向的风都可以调整帆的角度来利用。船的上层建筑分成三部分，前面部分安炉灶和水柜，是厨房。厨房下面是警卫人员的宿棚。中间部分有四个房室。后面部分称做庴（qiáo，高屋的意思）屋，高一丈多，四壁有窗户，像房屋的样子，装饰很考究，上面装有栏杆，采绘华丽夺目，并且悬挂了帘幕，富丽堂皇，是使者官属的居住区①。

这种“客舟”是临时从民间顾募来以后改装的，供官方使者应用。它的装饰有点像“神舟”，但是比“神舟”小，“神舟的长阔、高大、设备、器具和人数，都三倍于客舟”②。由此可见，“神舟”就是一种巨型客舟，航行起来“巍然如同山岳一样，浮动在波浪之上”③，加上装饰富丽堂

---

① 见《宣和奉使高丽图经》：“旧例，每因朝廷遣使，先期委福建两浙监司，顾募客舟。复令明州装饰，略如神舟，具体而微。其长十余丈，深三丈，阔二丈五尺，可载二千斛粟。其制皆以全木巨枋，搀叠而成。上平如衡，下侧如刃，贵其可以破浪而行也。其中分为三处。前一仓，不安艎板，唯于底安灶与水柜，正当两樯之间也，其下即兵甲宿棚。其次一仓，装作四室。又其后一仓，谓之庴屋，高及丈余，四壁施窗户，如房屋之制，上施栏楯，采绘华焕，而用帘幕增饰，使者官属，各以阶序分居之。”

② 见《宣和奉使高丽图经》：“神舟之长阔高大，杂物器用人数，皆三倍于客舟”。

③ 见《宣和奉使高丽图经》：“巍如山岳，浮动波上”。

皇，所以当它抵达古高丽国的时候，引起“倾国耸观，而欢呼嘉叹”。在 12 世纪像这样华丽的巨型客船是极为罕见的。

三　泉州湾出土的南宋海船

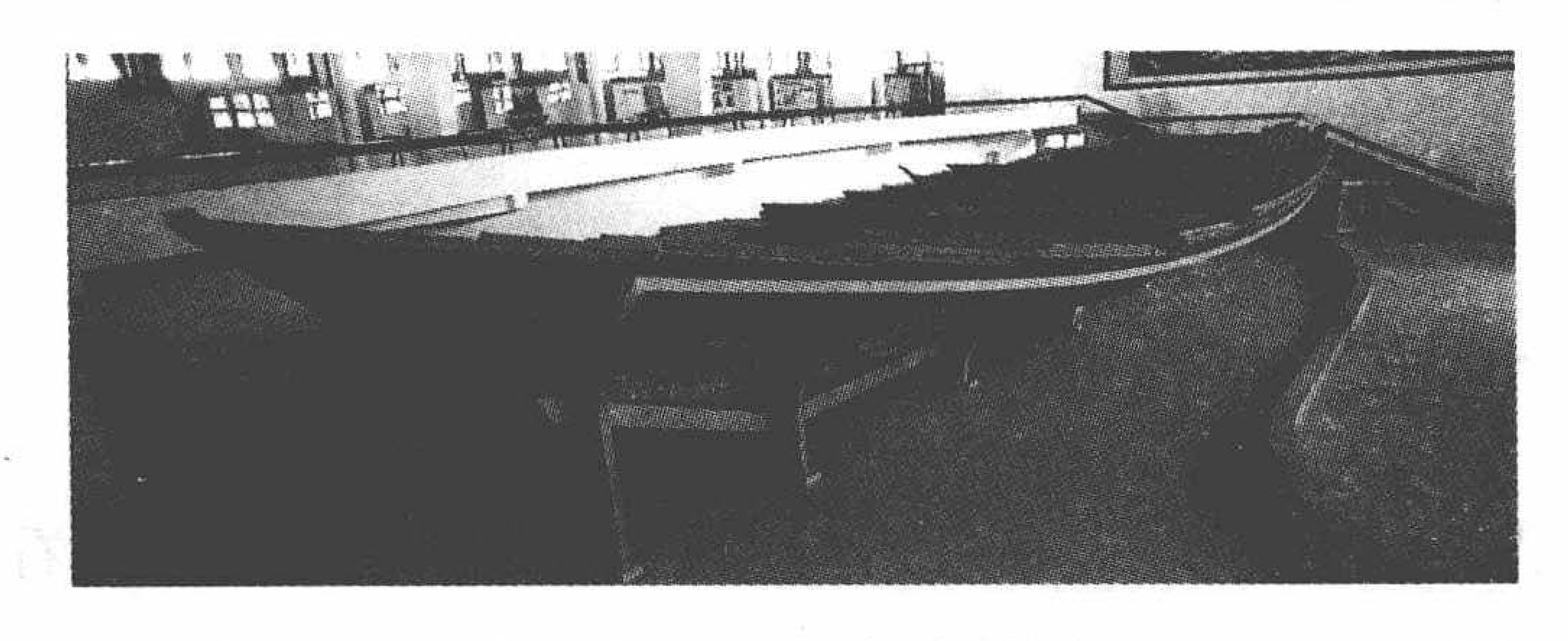
泉州是我国历史上一个著名的海港。在南朝时期，泉州就已经开始进行对外贸易。在唐朝，它是我国四大外贸港之一。到了宋元时期，泉州以“刺桐”的名称驰名世界，成为当时世界上最大的海港之一。马可·波罗在他的游记中说：“刺桐城是世界最大良港之一，商人货物聚集之多，简直令人难以置信”。伊本·拔图塔也说，刺桐港是世界上最大的港口之一，甚至可以说是“世界上最大的海港”。

“州南有海浩无穷，每岁造舟通异域”，发达的海上交通贸易，促进了造船业的大发展。宋元时期，泉州成为我国一个重要的造船基地，以制造海船著称。据《三朝北盟会编》第一七六卷上的记载，“海舟以福建为上”，福建又以泉州制造的海船最有名。伊本·拔图塔在游记中说，在印度和中国之间的航道上航行的都是中国船，大船有四层，可以载一千人，设备齐全，安全可靠，并且指出这类船舶都是泉州和广州制造的。

近年来，在泉州湾一带发现了不少造船遗址，并且出土了一批船桅、船板、船钉和船索等造船材料，特别是

1974 年和 1982 年发现了两只南宋海船，为当时船舶的型制和结构提供了珍贵的实物资料。从中可以看出我国当时造船技术的高超水平。

1974 年泉州湾后渚港发掘出土的一只南宋海船，虽然已经没有上层建筑，但是底部结构基本完好。它残长 24. 2 米，残宽 9. 15 米，残深 1. 98 米，长和宽的比例大约是 2. 64∶1，可见船体横剖面扁阔。中央由主龙骨、首龙骨、尾龙骨构成，主龙骨用粗大的方形樟木制造，是船体的中坚骨干。船底呈“V”形，是一种尖底海船，就像徐兢所说的“上部平得象天平，下侧却尖得象刀刃”。同时，整个船体头尖尾方、首尾上翘，具有优良的负载和破浪性能。整个底部分成 13 个水密隔舱，船底板是两重木板，共厚 12 厘米，船舷



泉州湾后渚港出土的南宋海船

板是三重木板，共厚 18 厘米，结构严实，强度比较高，抗沉性能良好。这种多重板结构，是具有一定科学道理和符合工艺要求的。大型海船要求有比较高的强度，但是尖头尖底船外壳弯曲变化的程度比较大，用厚木板加工相当困难，分成几层薄板加工就比较容易，并且结合成一体后仍能满足强度的要求。船侧板是船上最容易跟外物碰撞的部

分，所以造得最厚，以便增加它的强度。板缝之间用麻丝和桐油灰腻密，水密性能良好。头桅和中桅的底座保存完好，说明船上有两根以上的大桅杆。年代这样早、船体这样大的船，在国内还是首次发现，在世界上也是罕见的。

尽管单层厚板结构的海船加工起来比较困难，但是最迟在南宋时期，我国已经掌握了单层厚板的加工技术。1982年在泉州市法石乡又发现了一艘南宋海船，对它进行试掘考察发现，这艘海船跟后渚发现的海船船型相同，也是下尖上阔的，但它不是采用多重板结构，而是用单层厚木板加工而成，船板厚度达9.5厘米。单层厚板省去了把木材加工成薄板再钉合起来的工序，因此在明、清以后的船舶上都采用这种结构，多重板结构逐步被取代了。

四　世界上最大的海船

我们从“神舟”和泉州湾古船的大致情况中可以看到，宋元时期我国远洋船舶主要属于福船船型，具有许多优良的性能。这些优良性能，在世界造船史中居于领先地位。此外，中国海船还以“大”著称于世。

中国船舶体积大，负载多。最大的船只可以负载万石，相当于六百吨。据南宋吴自牧《梦粱录》记载：“海商之船大小不等。大者五千料，可载五六百人。中者二千料至一千料，亦可载二三百人。”南宋朱彧（yù）《萍洲可谈》也

说："舶船深阔各数十丈"。唐末，巨大的中国海船已经蜚声国外。由于大型中国海船吃水深，波斯湾航道比较浅，所以中国海船必须停泊在印度南端，用比较小的船只把货物运往阿拉伯一带，再装上从阿拉伯一带运来的货物返回。大食（今伊朗）人苏莱曼在他的《游记》里说"大部分中国船都是在印度南端装货起程的；所有货物都先从巴士拉、阿曼以及其他商埠运到印度南端，然后装在中国船里。所以要在这个地方换船，是因为波斯湾的风浪很凶险，而其他各处的海水又不很深。……有一个处所……是两山之间的一条狭道，只有小海船可以通过，中国船是不相宜的。"苏莱曼还说："中国船因为体积大，所以在印度南端所纳的过口税要比其他国家的船只多百倍到千倍。"宋朝周去非的《岭外代答》也记述了中国船体积太大，必须在波斯湾换小船这件事，说"从伊朗航海来的，先用小船运送向南行驶，到印度的奎隆，再换乘大船向东行驶。……中国的船商要去伊朗，一定要在奎隆换乘小船才能去。"①

在当时的外国船中，最大的是木兰皮（非洲北部跟西班牙南部一带）舟，《岭外代答》说："从伊朗向西航行到地中海一带，那里的船就更大了，一船可载千人"②。而中国可以容纳千人以上的船舶更大，伊本·拔图塔说，大的

① 见《岭外代答》："大食国之来也，以小舟运而南行，至故临国，易大舟而东行。……中国船商欲往大食，必自故临易小舟而往。"

② 见《岭外代答》："又大食国更越西海，至木兰皮国，则其舟又加大矣，一舟容千人。"

中国船“载水手千人，其中六百是篙师，四百是兵勇”，如果加上旅客和货物，更远远超过木兰皮舟了。中国海船的巨大，在当时世界上可以说是无与伦比的。

由于中国船只的体积大，又有水密隔舱、多重板等结构，所以在海上航行不怕风浪，比较安全可靠。同时，一般大海船出海都带有小船。万一大船失事，小船可以充当救生船。平时，小船就在大船前面，依靠摇橹来拖曳大船前进。到了元朝，《元史·刑法志》更规定“每大船一，带柴水船、八橹船各一”，也就是让比较小的船起供应给养、救生和拖曳的作用。

五　优越的海上生活条件

中国海船受到中外客商欢迎的原因，除了稳固安全以外，是船上设备比较完备，具有比较舒适的海上生活条件。

周去非在《岭外代答》中记载，当时中国海船“一船载几百人，船里储存一年的粮食，并且还在船上养猪和酿酒。”① 马可·波罗在《游记》里谈到，泉州所造来往于印度洋的海船，“甲板上一般都有六十个小房间或船舱，有的房间多一点，有的少一点，看船的大小而定。旅客可以舒适地在里面居住。”每条大船都带有小船，“用来下锚、捕

① 见《岭外代答》：“一舟数百人，中积一年粮，豢豕酿酒其中。”

鱼以及向大船提供其他种种勤务。”伊本·拔图塔在《游记》里也说：“在中国海上，人们只能搭乘中国船”，“这些船都有四层甲板，甲板上有房舱和客厅供客商使用。”“房门都可以上锁，钥匙由使用者保管。客商们都和妻妾住在一起。以致常常发生这样的事，一个客商在他自己的房间里，而船上没有人能清楚这个房间里到底有没有人，一直要到进港的时候别人才会见到他。”“水手们也和自己的妻儿住在这样的房间里。而且在船上有些地方，他们还在桶里种上一些盆景、蔬菜和生姜之类的植物。”有的船上“还有酒柜以及其他方便的设备。”

长期航行在茫茫大海上的中国海船，是很注意替中外客商的生活着想的。为了让客商的生活更加舒适，船上设有可以携带家属的幽静舱房，备有充裕的食品（包括粮食、荤素菜肴以及酒类饮料），还种植花木盆景以供观赏。在泉州后渚古船中还出土有象棋子，说明船上甚至备有文化游艺用品。因此，客商们虽然经年累月地生活在大海船里，仍不会感到孤寂无聊，又可以享受家庭生活的乐趣，大家当然也就乐于搭乘了。

第十二章

空前的航海盛举

——郑和下西洋

一　郑和其人

今天，郑和作为一个历史上伟大的航海家，已经是脍炙人口的人物，受到中外人士的景仰和赞颂。

郑和原姓马，云南昆阳县（今晋宁县）人。他家祖先是西域人，是回族世家。郑和出生于1371年，他的祖父和父亲的名字都叫哈只。哈只也称哈赤，本来不是名字，在伊斯兰教中这是一个尊贵的称号，相当于“师尊”的意思，只有那些历尽艰辛到红海之滨的伊斯兰圣地麦加（也译作默迦，在中国史书里又称天方）朝圣的伊斯兰教徒，才能够取得这个称号。当时从中国到麦加朝圣得走海路，要历时一年才能抵达。郑和在很小的时候就听到他的父亲和祖父讲述跋山涉水的历险经过，知道一些国外的风土人情和航海知识，并且立志长大以后要航海到麦加去朝圣。

郑和十一岁那年，虽然他还是一个脑海中充满了对未来生活的憧憬和幻想的少年，可是他的人生道路却遭遇到极大的变故。1368年明朝建国以后，元梁王在云南负隅顽抗。1382年明军攻取云南，消灭元梁王的势力。在明朝，边境将领常有阉割被俘的少儿作为侍卫的习惯。郑和在这次战役中不幸被掳，被分发在燕王朱棣的藩邸里服役。这一年，郑和的父亲含愤去世。郑和虽然当了奴仆，但是他没有忘记自己的志向，也没有意气消沉，而是更加刻苦攻

读，因此具有广博的学识和智略，不但精通儒家经典，而且熟习兵法。《郑和家谱》称他“才负经纬，文通孔孟”。佚名者作的《郑和传》说他“有智略，知兵习战”。郑和的才能受到朱棣的赏识。1399 年，朱棣为了争夺帝位，推翻他的侄儿建文帝朱允炆（wén），发起了明史中所谓的“靖难之变”。这次内战持续四年，1402 年朱棣率军攻入南京，夺取帝位，这就是明成祖。郑和因为从军有功，被擢升为内官太监（俗称三宝或三保太监），并且赐姓郑，成为朱棣的亲信。

明朝在建国初期，由于明太祖朱元璋实行封建集权政策，把大权集中在皇帝一个人身上，因此建立了庞大的宦官机构，协助处理政务。在朱棣发动的内战中，有不少宦官协助他发难起事，立下了汗马功劳，所以朱棣称帝以后，更加重用宦官，太监都握有大权，后来明朝的宦官擅权也是从这里逐步形成的。郑和任内官太监，执掌国家营造宫室、皇陵以及铜锡用器等权力。在明成祖组织船队下西洋的时候又授予他总兵的职务，命他统率船队。从 1405 年到 1433 年的 28 年中，郑和先后七次率领船队远航，写下了人类大规模远洋航行的壮丽篇章。在 1412 年到 1428 年间，他既率领船队三次远航，又受[illegible]造南京大报恩寺。1425 年，他还被任命为南京守备，负责修理南京宫殿。

1435 年，郑和逝世。他七次远航的光辉业绩广泛流传，明人罗懋登写有历史小说《三宝太监西洋记通俗演义》，在明朝就已经有人把郑和下西洋的故事搬上戏剧舞台。确实，

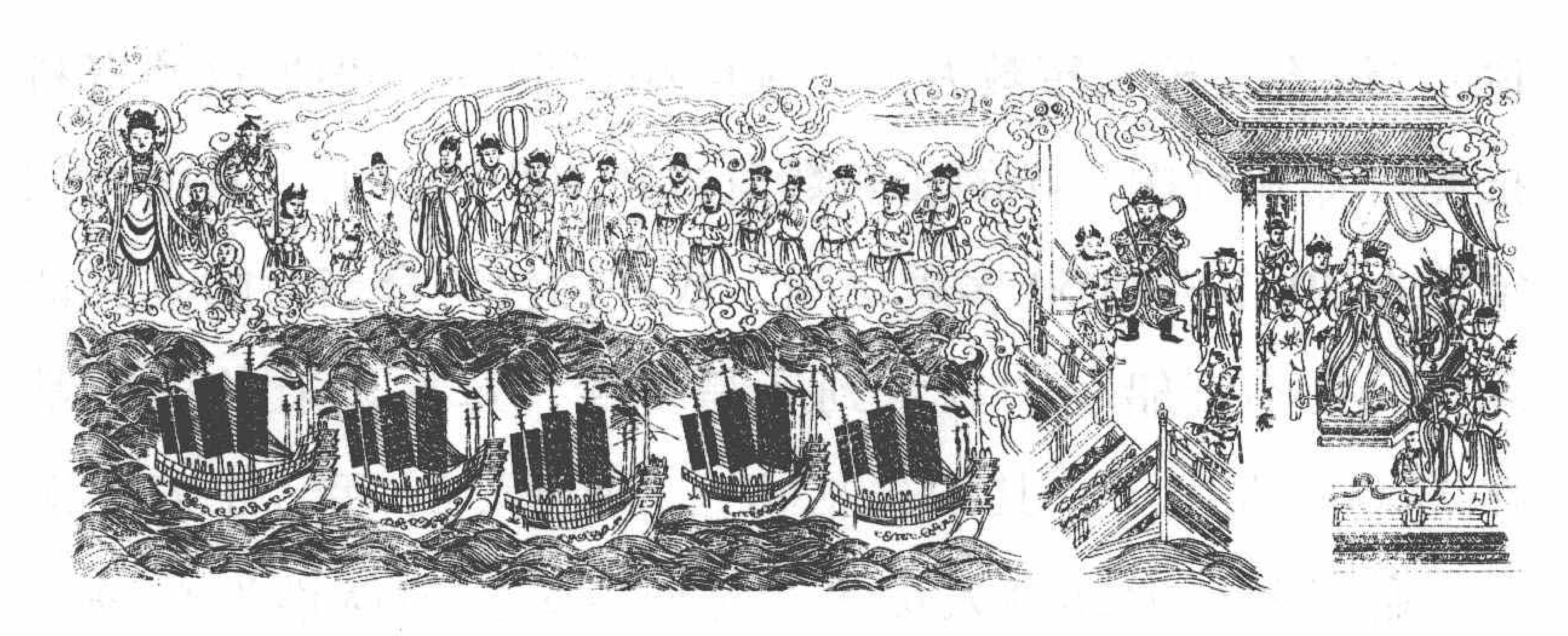
郑和航海的业绩是值得人们缅怀的。

二　规模空前的远洋航行

我国在明朝以前的航海事业中，就很少是单独一艘船远航的。商船一般都结伴而行，官方出使外域也大多出动船队。例如宋宣和六年（1124）就是由两艘“神舟”和六艘“客舟”组成船队出使高丽的。但是，从这些船队的数量和规模来说，都是远不能跟郑和率领的船队相比拟的。

由于郑和死后不久，统治集团就改变了航海政策，远航被中止了，巨型船舶不让建造了，甚至连郑和的航行档案也被一把火化为灰烬，因此，关于郑和船队每次远航的数量和规模的确切数字，已经无法知道。关于这个问题，至今仍旧存在不同的说法，有的说是62艘大型宝船，有的说是63艘中型宝船，也有的说船舶数量多达100～200多艘。到底哪种说法正确，现在还无法作出定论。

《明史·郑和传》记载，“造大舶修四十四丈，广十八丈者六十二。”又《郑和家谱·下西洋船舶条》记载，“拨舡六十三号。大船长四十四丈四尺，阔一十八丈；中船长三十七丈，阔一十五丈。”这就是船舶数量62艘和63艘的来源。实际上，郑和七次下西洋所率领船队的船舶数量并不一样，而且也不都是大型宝船。因为在沿途各处港汊的活动，并不是上述那样的大船都能胜任的。如果港汊比较



《天妃经》卷首郑和下西洋描摹复原图

狭小，大船就驶不进去；要在沿途补充淡水，大船活动也不便。因此，船队除了宝船外，还必须包括其他类型的船舶。《明成祖实录》记载，永乐二年（1404）正月，为准备遣使下西洋，曾经让南京宝船厂造海船50艘，让福建造海船5艘。永乐三年（1405）五月又让浙江等地造舟1 180艘。以后，每次出洋以前，都让南京、浙江、江西、湖广等地建造或改造海船，数量从几十艘到几百艘不等。如永乐五年（1407）九月，就“命都指挥改造海运船二百四十九艘，备使西洋诸国”；十一月又“命浙江、湖广、江西改造海运船十六艘”，永乐六年（1408）正月“命工部造宝船四十八艘”。据曾随郑和四次出航的费信所撰《星槎胜览》一书记载，第二次远航（1409）宝船是48艘，可是所载人员和物资跟第一次航行大致一样，相差大宝船十四五艘，如果没有其他船只随行是不可能的。跟随郑和出航的幕僚巩珍在《西洋番国志》中说“乘驾宝舟百艘”。明人黄省曾的《西洋朝贡典录》里说“总率巨艅百艘”。郑和等人宣德六年（1431）在长乐所立的“天妃之神灵应记”中也

说："统率官校旗军数万人，乘巨舶百余艘。"根据这些资料推测，郑和每次出洋的船舶数量当在100艘以上，其中大型宝船在40多艘到60多艘之间，或许比较符合当时的真实情况。反正不管船舶的数量到底是多少，每次出航的人数都在27 000人以上，其中包括将士、船师、水手、工匠、医官、翻译和其他办事人员等。这样巨大的船队浩浩荡荡出洋远航，"象云一样的船帆高高地张挂着，不分日夜地快速行进，在惊涛骇浪中就象行驶在四通八达的大路上一样"，[①]不论在中国还是在世界其他国家或地区，都是史无前例的。1492年，哥伦布横跨大西洋，发现美洲新大陆的航行，比郑和的首次远航晚了87年，他的船队只有三艘长约19米的小船，人数只有88个人。1497年达·伽马沿着非洲南岸绕过好望角到达印度的航行，也比郑和的首次航行晚了92年，只有四艘船和148人（或是170人）。这些都反映了当时我国的造船和航海技术远远走在欧洲的前面。

三　横渡印度洋

在我国古代，西洋跟西域一样，都是一种泛称。西域泛指玉门关（今甘肃敦煌西北）以西的广阔地区，包括亚

---

① 见齐鲁书社出版的郑鹤声、郑一钧编的《郑和下西洋资料汇编》上，第42页："云帆高张，昼夜星驰，涉彼狂澜，若历通衢者"。

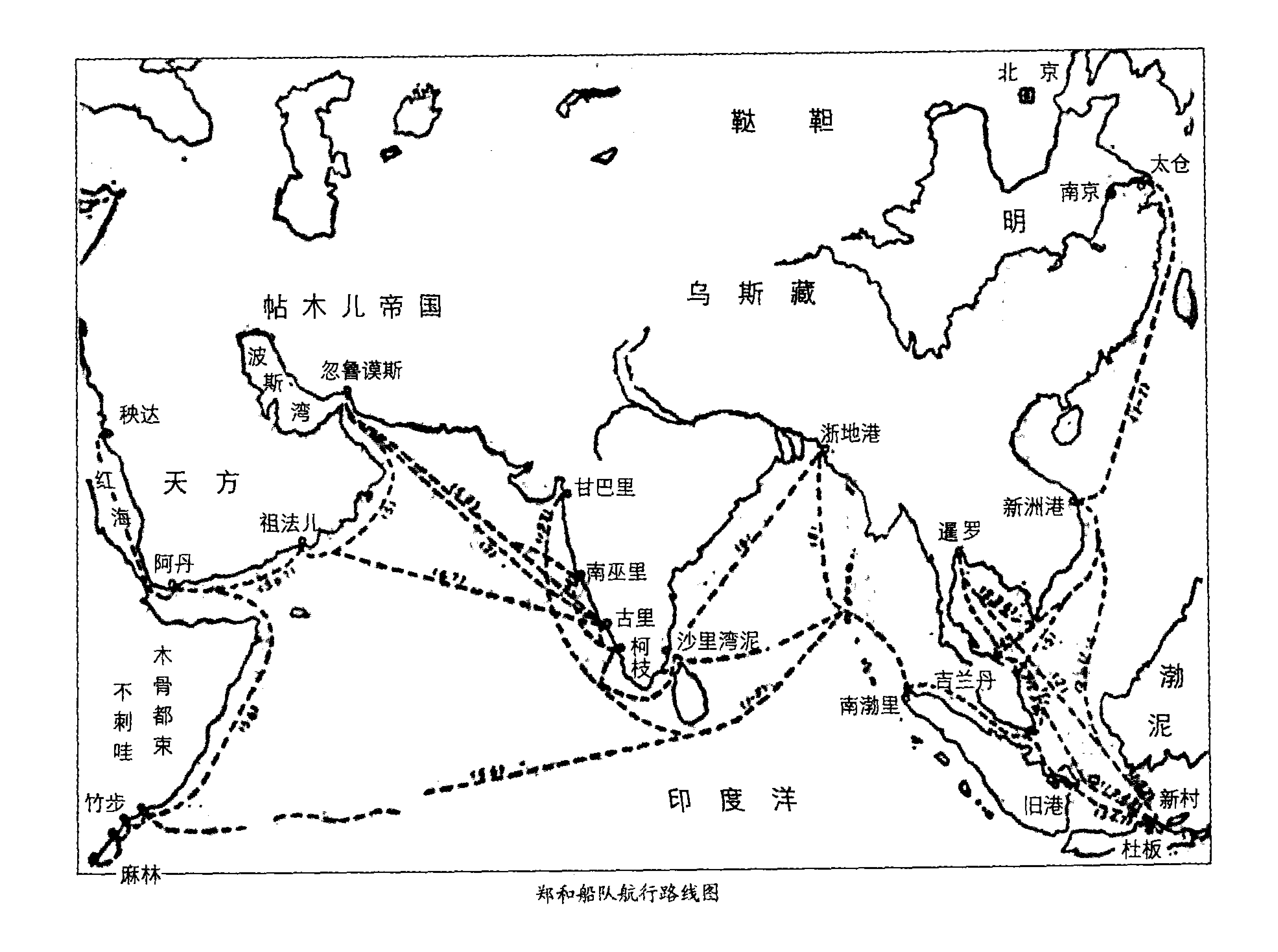
洲中部、西部、印度半岛，以至欧洲东部和非洲北部。西洋泛指现在的南海以西的广袤海域和沿海地区，包括现在的南洋群岛、印支半岛、印度洋一带，以至非洲的东海岸。因此，郑和的远航俗称下西洋。

我国船舶远航西洋，最迟在汉朝就开始了，已经有2000多年的历史。但是，这些远航大多是沿着海岸线进行的。也有人认为，在郑和以前已经有横渡印度洋到非洲东海岸的航路，可能是商人开辟的。然而，这一看法还没有找到可靠的证据来证实。目前有确切记载的横渡印度洋的记录，最早的要算郑和船队的航行。收在明朝茅元仪汇编的《武备志》中的《郑和航海图》里写着："从马累起，用正西略偏南的航向穿越印度洋，航行一万五千里，直达非洲东海岸赤道以南索马里的摩加迪沙一带。"① 这是横渡印度洋的明确记载。



郑和船队横渡印度洋的航海图

① 见《武备志·郑和航海图》："官屿溜用庚酉针一百五十更船收木骨都。"官屿溜就是现在的马尔代夫群岛的马累，木骨都当作木骨都来，就是现在的索马里的摩加迪沙一带，庚酉针是正西略偏南方向，"更"是我国古代计算航程的单位，一更相当于六十里。


北京
鞑靼
太仓
南京
明
乌斯藏
帖木儿帝国
波斯湾
忽鲁谟斯
秩达
红海
天方
祖法儿
阿丹
甘巴里
浙地港
新洲港
暹罗
南巫里
古里
柯枝
沙里湾泥
吉兰丹
南渤里
渤泥
木骨都束
不剌哇
印度洋
旧港
新村
杜板
竹步
麻林

郑和船队航行路线图

在郑和的七次远航中，各次的航程和所到的地方不尽相同。横渡印度洋到达索马里的航行，是第五次（1417～1419）和第六次（1421～1422）。其他各次航行，虽然没有横渡印度洋，但也都是航程遥远，沿着海岸线远航在东南亚、南亚、西南亚以至非洲东北部一带的辽阔海域上。因此，郑和的远航，不仅从规模和船舶的数量上来说是创举，就是从航程和所到的地区方面来说，也算得上是创举。确如随行的翻译马欢在所著《瀛涯胜览》中所说："其人物之丰伟，舟楫之雄壮，才艺之巧妙，盖古所未有"。

前面提到的收在《武备志》里的《郑和航海图》，除记载有横渡印度洋的航线外，还详细地记载了到东南亚、南亚、西南亚、非洲东北部的航线。《郑和航海图》原名《自宝船厂开船从龙江关出水直抵外国诸番图》，因为这个名称过长，就简称为《郑和航海图》。其中共有地图 40 幅，"过洋牵星图" 4 幅。把这 40 幅地图拼在一起，就构成了一张完整的亚洲和非洲之间的航海图。这是我国已知的最早海图，也是我国第一部关于海洋地理的世界地图，具有很高的历史和地理价值，近百年来一直受到中外学者的重视。

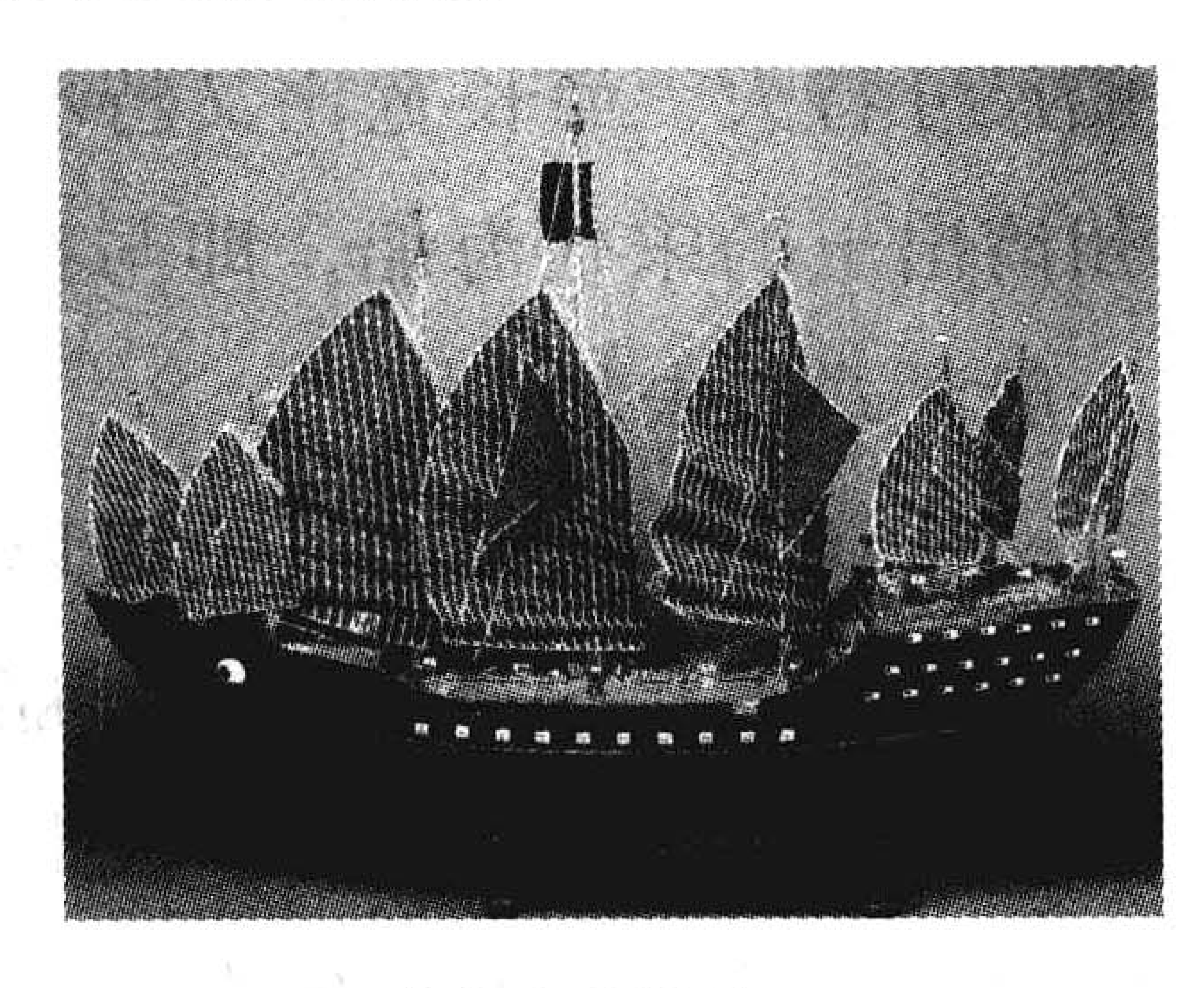
为了帮助读者了解郑和下西洋的大致情况，现在列表如下：

次　数	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次	第七次
离开中国港口时间	1405年 十月到十二月	1407年 冬季或次年春初	1409年十二月	1413年	1417年秋一冬	1421年秋	1431年 十二月初九日
回南京时间	1407年 九月初二日	1409年夏	1411年 六月十六日	1415年 七月初八日	1419年 七月十七日	1422年 八月十八日	1433年 七月初六日
人　数	27 800人以上	不　详	27 000人以上	27 670人	不　详	不　详	27 550人
所到达的地方	越南南部， 印尼爪哇、 苏门答腊， 印度海岸等地。	越南南部， 泰国， 印尼爪哇、 苏门答腊， 印度海岸， 斯里兰卡等地。	越南南部， 马来西亚南部， 印尼爪哇、 苏门答腊， 印度西海岸， 斯里兰卡等地。	越南南部， 马来西亚南部， 印尼爪哇、 苏门答腊， 印度西海岸， 斯里兰卡， 马尔代夫， 伊朗等地。	越南南部， 马来西亚南部， 印尼爪哇、 苏门答腊， 印度西海岸， 斯里兰卡， 马尔代夫， 索马里， 肯尼亚， 伊朗， 也门亚丁等地。	越南南部， 泰国， 马来西亚南部， 印尼苏门答腊， 孟加拉国， 印度西海岸， 阿曼，佐法尔， 也门亚丁， 索马里等地。	越南南部， 印尼爪哇、 苏门答腊， 印度西海岸， 斯里兰卡， 伊朗等地， 分船队从印度古里到沙特阿拉伯的麦加。

注：表中的月和日是农历

四　宝船[①]

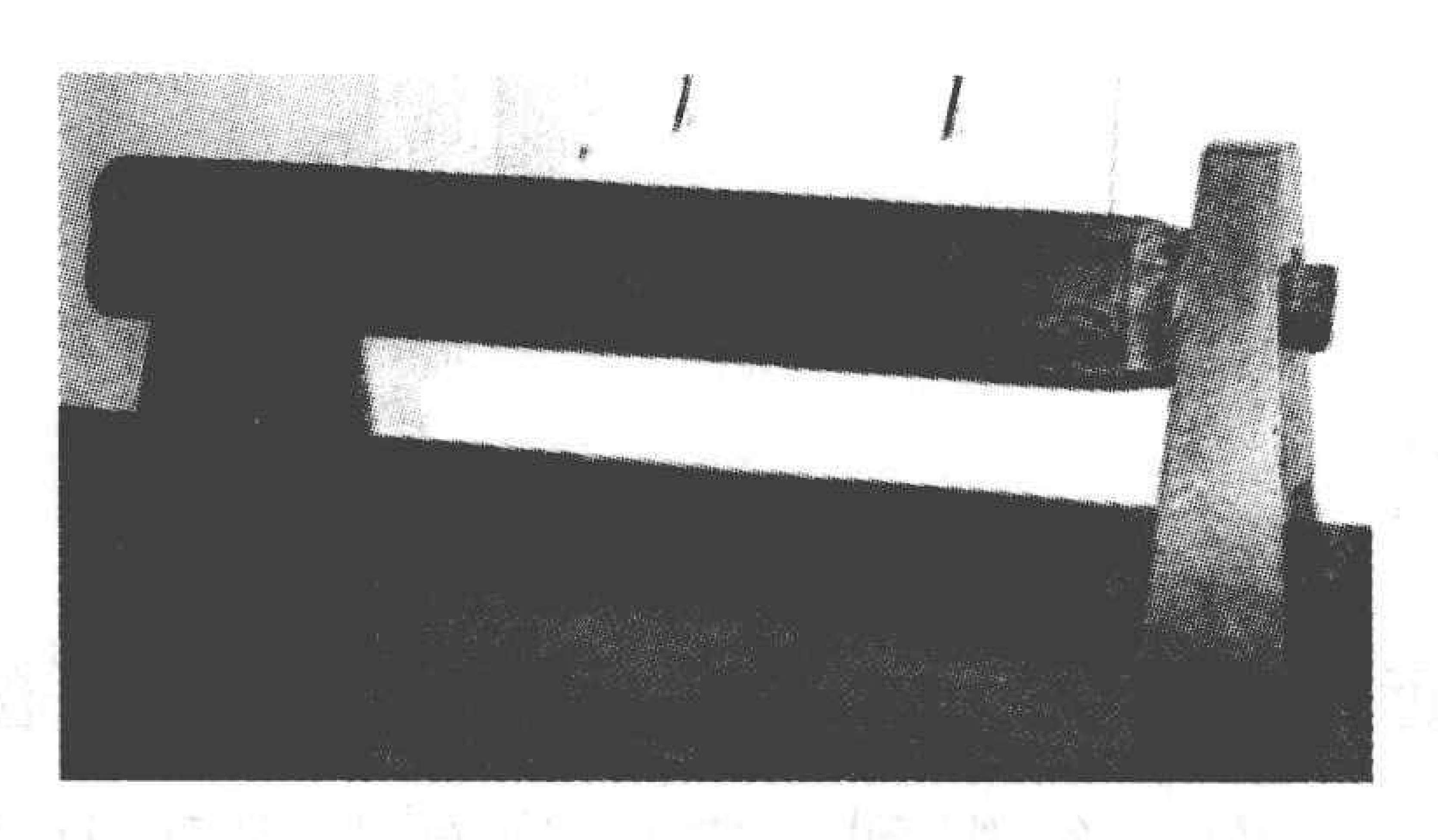
郑和远航所用的主体船舶，被称为宝船，含有下西洋取宝之意。前面已经提到，宝船分有大型和中型二种，大者长四十四丈四尺，阔一十八丈；中者长三十七丈，阔一十五丈。按当时1尺相当于0.317米计算，大型宝船的总长度为140.74米，总宽度为57米，总排水量达2万吨以上。正如巩珍在《西洋番国志》里说："其所乘之宝舟，体势巍然，巨无与敌。蓬帆锚舵，非二三百人莫能举动。"在南京出土的宝船舵杆长达11.07米，要靠绞车来操纵舵的升降。绞车遗存在南京也有发现，出土的绞关木残长2.21米，620毫米见方，上面还有四个安装车关棒的孔。



郑和宝船模型

郑和下西洋是一项政府行为，其船队的组成是通过政权的力量组织和征集的，郑和船队的船舶并非全部由南京宝船厂承造。作为宋元时期造船中心之一的福建，在建造下西洋船舶中占

① 关于宝船的船型，学术界存在二种说法，即沙船型和福船型，作者在20世纪80年代亦取沙船说，90年代后随着研究的深入，放弃沙船说，而主福船说。本段文字据作者90年代发表的论文整理。



南京出土船用的绞关木、舵杆

有重要的地位。据《明成祖实录》记载："永乐元年五月辛巳，命福建都司造海船百三十七艘"，"永乐二年正月癸亥，将遣使西洋诸国，命福建造海船五艘"。

南京宝船厂集中了全国各地技术比较高超的造船工匠。据明李昭祥《龙江船厂志》卷三记载："洪武、永乐时，起取浙江、江西、湖广、福建、南直隶滨江府县居民四百余户，来京造船，隶籍提举司，编为四厢。"可见宝船厂有着造各类船的能力，其所造船只不一定都是沙船。此外，宝船尺寸特大，而长宽比又特小，只有2∶4.66，非常接近泉州湾出土的宋代海船，即与福船的特征一样，而与沙船的一般法式相去甚远。

从《郑和航海图》中可以看到，郑和下西洋所经海域广阔、地理状况极其复杂。船队先后到达今印度尼西亚，印度洋北岸，阿拉伯湾、波斯湾和红海沿岸，以至非洲东海岸。当船队从太仓出发后，即沿海岸南行，所经为多岛礁的深水海域。在船队驶入南海，经马六甲海峡，跨越印度洋的航线，其海况更是水深、风大、浪高、潮汐猛烈。要在如此复杂的海面上航行，宝船的船型自然会选择适于

深海航行的尖底海船福船。而不采用底宽首阔、吃水浅，无法抵御狂风巨浪的沙船。正如《武备志》卷117记载："沙船能调戗使斗风，然惟便于北洋而不便于南洋。北洋浅，南洋深也。沙船底平，不能破深水之大浪也。"

二十世纪九十年代，曾根据古代木帆船的营造法式，结合现代船舶原理对沙船型宝船和福船型宝船摇荡性能进行研究。求得福船型宝船的横摇周期比较接近现代船舶的横摇周期，从抗风浪性和舒适性考虑，认为"郑和宝船为福船型。"①

此外，从《中国美术全集·绘画编·版画卷》中发现的一幅刻于明永乐十八年（1420）的《天妃经》卷首插图，是迄今发现的最早关于郑和下西洋船队的图像，也是唯一的历史图像资料。其所画的船舶，高大如楼，艏艉高翘，船舷高，吃水深，正符合福船的特征，可以说是福船的写实和写意，这与艏艉起翘不大、船舷低矮、几乎接近水面的沙船完全两样。因此，此图可作为宝船系福船型的有力证据②。我们现在所能见及的有关下西洋用船的船型图案，在明《武备志》所载的郑和航海图的4幅过洋牵星图中所画的船图，其船形也是与此相类似，可作郑和宝船系福船型的又一佐证。

大型宝船上的桅和帆的数量，现在还无法具体知道。

---

① 金秋鹏、杨丽凡，关于郑和宝船船型的探讨，自然科学史研究，1997.10（2）。

② 金秋鹏，迄今发现最早的郑和下西洋船队图像资料——《天妃经》卷首插图，中国科技史料，2000，20（1）。

罗懋登在《三宝太监西洋记通俗演义》里说："每只船上有九道桅"，费信在《星槎胜览》中记载："张十二帆"。可见宝船桅多、帆多的大概情况。

正是这样巨大而又优良的船舶，加上高超的航行技术，才能像马欢在《纪行诗》里所说的，"鲸舟吼浪泛沧溟，远涉洪涛渺无极"，"舟行巨浪若游龙"，完成了空前的远洋航行壮举。

五　郑和远航的影响和意义

郑和船队空前规模的远航，带来了中外交往的空前发展，促进了中外政治、经济和科学文化的交流，对世界的文化发展做出了重大贡献。

郑和出访的目的，虽然主要是为了巩固明成祖夺取皇位后的政权，扩大国际影响，宣扬国威，显示中国富强，但是在跟外国的实际接触中，它的基本格调是亲善友好的，增进了中国跟所到各国的互相了解和友谊。郑和船队在不到30年的时间里7次远航，"到过大小三十多个国家，航行十万多里。"[①] 在这样广泛的接触中，只发生过三次武力冲突，其他都是融洽相处的。

---

① 见齐鲁书社出版的郑鹤声、郑一钧编的《郑和下西洋资料汇编》第42页："大小凡三十余国，涉沧溟十万余里。"

郑和船队所到之处都以礼相见，向各国的国王赠送礼物，尊重各国的宗教信仰。各国也都热情迎送，回赠礼品，就像友好访问一样。在斯里兰卡，郑和等特意到佛寺行香布施，一方面祷求佛爷保佑，使“人和船安全顺利，来去不碰到意外或不测”[①]；一方面布施金、银、丝、香炉、香油、蜡烛、檀香等大量物品。同时，还用汉文、塔密尔文（当时南洋一带特有的文字）、波斯文刻写《布施锡兰山佛寺碑》。当船队到达祖法儿国（也译佐法儿，在今阿曼的佐法尔一带）的时候，国王热情欢迎，并且遍谕国人，用乳香、血竭、安息、苏合油等跟船队交换丝绸、瓷器等物品。当分船队到达阿丹国（阿丹今译亚丁，是也门民主人民共和国首都）的时候，国王亲自率领大小官员到海滨迎接，“通告全国人民，只要有珍宝，都允许买卖交易”[②]。这种亲善、友好的交往，在郑和船队访问以后仍旧继续保持。许多国家都派遣使节到中国回访，并且长期跟明朝政府保持联系。为了纪念郑和的功绩，不少地区建立了郑和纪念祠庙，苏门答剌（今译苏门答腊）和暹罗（现在的泰国）都有三保庙。南洋一带相传六月三十日是郑和在三宝珑登陆的日子。现在，三宝珑有三宝洞，洞里有三宝公庙供奉郑和。每年六月三十日，爪哇一带的华侨都会去进香。

把郑和的远航跟半世纪以后葡萄牙组织的远航相比较，

---

① 见《布施锡兰山佛寺碑》：“人舟安利，来往无虞”。

② 见《瀛涯胜览·阿丹国》：“谕其国人，但有珍宝，许令卖易”。

形成了鲜明的对照。葡萄牙以及随后西欧其他国家的远航，他们带去的是殖民和掠夺，把当地的人民当奴隶，把亚、非、美洲的人民推进了苦痛和灾难的深渊，写下的是世界航海史上血淋淋的篇章。

第十三章

北风航海南风回

一　太平洋和印度洋上的季风

大家知道，水中和陆上的吸热和散热是不一样的。有人曾经做过试验，用一卡热加热一立方厘米的水，可以使水温升高一摄氏度，可是用一卡热加热一立方厘米沙石，却可以使沙石的温度升高二点五摄氏度。这个试验告诉我们，沙石的吸热过程比水快。同样，也可以做一个散热试验，它会告诉我们，沙石散热过程也比水快。你可别小看这种吸热和散热的差异，正是它形成了季风。夏天气候炎热，由于陆上吸热比海洋快，因此气温比较高，上空的空气也比较稀薄，造成气压低于海洋上空的趋势，结果夏季在大陆跟海洋的交接地带就形成了气压差，风也基本上从海洋吹向陆地。到了冬季，天气寒冷，由于海洋的散热比陆地慢，海洋的温度比陆地高，海洋上空的空气就比陆地上空稀薄，气压也比陆地上低。结果，冬天的风就常常是从陆地刮向海洋的。这种随季节更替而变换方向的风，就称做季风。

亚洲大陆东临太平洋，南濒印度洋，海陆之间的气温差和气压差非常大，东亚和南亚的海陆交接地带因此也成为世界上著名的季风气候区。

冬季，亚洲大陆的气温要比它东面的太平洋和南面的印度洋上空的气温低得多，成为一个强大的低温高气压区。

它的高压中心在前苏联西伯利亚和蒙古人民共和国一带，因此也叫西伯利亚高压或者蒙古高压。在那里，冬天太阳辐射的热量很弱，黑夜漫长，失热特别多，空气异常寒冷，形成一大团密集高气压的冷空气团，称作极地大陆气团。而在同一季节里，太平洋和印度洋上的气温比较高，气压比较低。这样，极地大陆气团就不断地向东南和南面流动，形成以偏北风占主导地位的冬季风。

夏季，情况恰好相反，亚洲大陆气温上升很快，空气膨胀变稀，成为高温低气压区，在东南面的太平洋和南面的印度洋上各形成一个高气压区，它们产生的高压气团分别称做热带太平洋气团和赤道印度洋气团。这两个强大的气团从东南和南面向亚洲大陆流动，形成了以偏南风占主导地位的夏季风。

春秋两季是夏、冬季风的转换时期。春季，从偏北风逐步地过渡到偏南风。秋季，从偏南风逐步地过渡到偏北风。季风不但对我国的气候状况有极大影响，也对我国的航海事业产生了深刻影响。

二　我国古代对风的观测

风是自然界最常见的现象之一，它跟生产、生活、交通运输、行军打仗都有密切的关系，对风的观测历来受到人们的重视。同时，在中国古代风又被看作是一种重要的

天象，对风的观测成为官方天文机构的一项重要工作内容。

早在商朝，人们就已经利用旗上的飘带来观测风向，有了四面风的观念，并且用“劦”（xié）、“凯”（kǎi）、“夷”、“股”（hán）四个字来作东、西、南、北四方的风名。到了春秋战国时期，对风向的认识又有了发展。在《春秋左传》中，已有“行八风”、“八风平”等的记载；在《国语·周语》中，也有“遂八风”的记载；在《吕氏春秋》中更有了“八方风”的专有名称。这些都表明，当时人们的认识已从四个风向发展到八个风向。

到了汉朝，测风器和对风的认识都有了很大的改进和提高。这时期发明了铜制的测风器“铜凤凰”和“相风铜乌”。铜凤凰出现在公元前104年，当时建造了汉武帝刘彻的宫殿建章宫，在屋顶装有三个铜凤凰，据东汉末、曹魏初成书的《三辅黄图》（作者已佚名）记载，铜凤凰的下面有可以转动的装置，受风的时候头会向着风，好像要飞起来一样①。相风铜乌出现在东汉时期，安装在国家的天文台“灵台”上，它的形状像一只乌鸦，可以随风而动。这些铜制的测风器，可以说是世界上最早的测风仪器，西方跟它们相似的候风鸡出现在12世纪，比我国晚了近1000年。这时期，我国已经对季风有了一定的认识。在公元前一世纪初年成书的《史记·律书》中，记载有八个方向的风各出现在什么月份（见下表），反映出当时人们已经对各个季节

---

① 见《三辅黄图》：“下有转枢，向风若翔。”

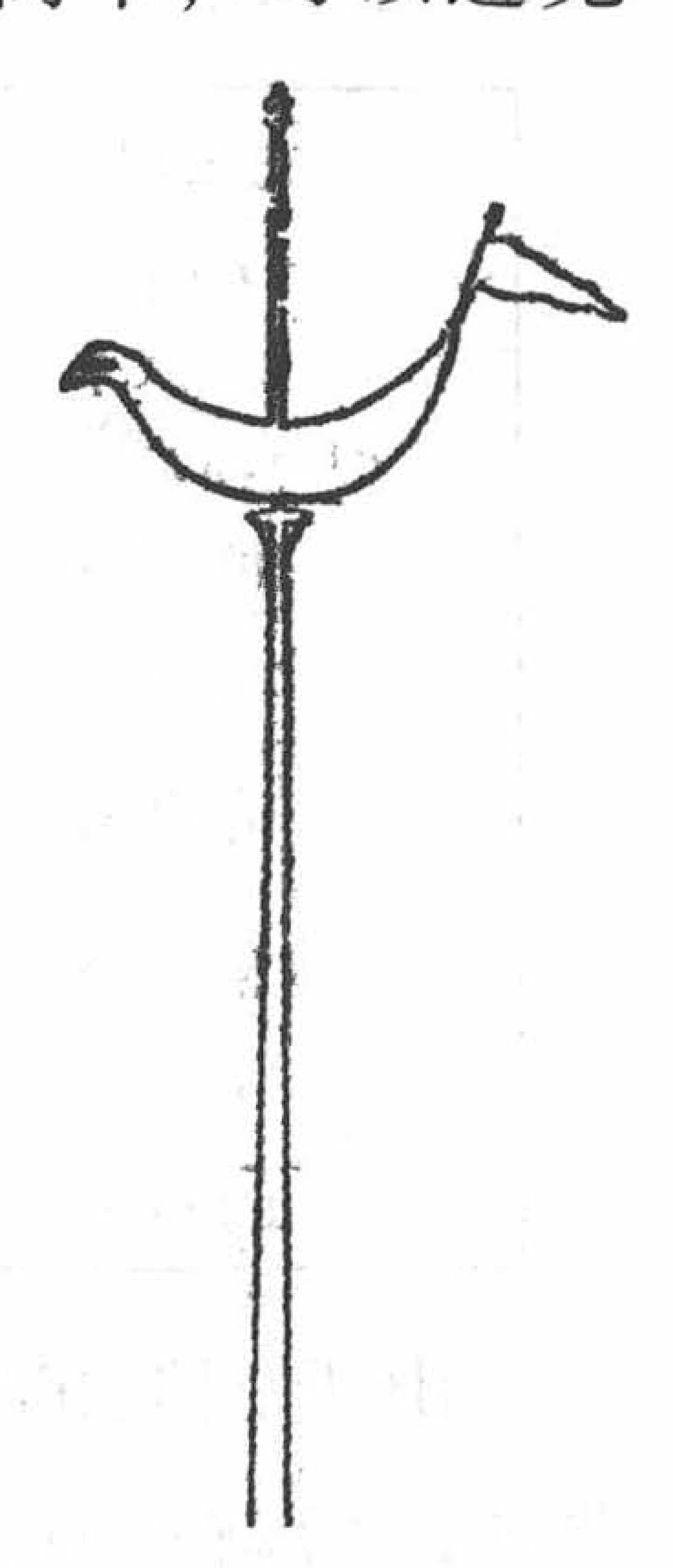
的风向转换规律有了一定的认识，就是春季是偏东风，夏季是偏南风，秋季是偏西风，冬季是偏北风，基本上已经符合实际的季风情况。

史记风名	风　向	对应月份
不周风	西北风	十月
广莫风	北　风	十一月、十二月
条　风	东北风	正月
明庶风	东　风	二月、三月
清明风	东南风	四月、五月
景　风	南　风	
淳　风	西南风	六月、七月、八月
阊阖风	西　风	九月

由于铜制的测风器比较笨重，转动不很灵便，因此在晋朝以后就被比较轻巧的木制相风乌所代替。关于木制相风乌的制作和应用，唐朝李淳风在《乙巳占》里写着："当要观测风的时候，必须在地势高旷的平原上矗立五丈高的长竿，用鸡毛八两，编成羽片挂在竿上，用来观测风力和风向。当羽片被风吹平直的时候就可以测定风力和风向。也可以在长竿顶端安置一个盘子，盘上作一只三只脚的木乌鸦，它的两只脚跟盘子相连，向外站立；一只脚上挂羽毛，而内转。一有风乌鸦就会转动起来，它的头向着风，嘴里衔着花，当花旋转的时候就可以测风。"① 这里指出要

① 见《乙巳占》："凡候风者，必于高迥平原立五丈长竿，以鸡羽八两为葆，属于竿上以候风。风吹羽葆平直则占。亦可于竿首作盘，盘上作木乌三足，两足连上而外立，一足系羽下而内转，风来乌转回首向之，乌口衔花，花旋则占之。"

选取高旷的平原来作观测风向的场所，是很重要的，它表明人们已经认识到城市建筑以及自然界的地物会对风向产生一定的影响，而在高旷的平原，又矗立高竿，可以避免各种地物的影响，测到正确的风向。乌鸦衔花，可以更明显地指示风向，便于人们观测。这种相风木乌后世一直沿用，但是不断有所改进。清朝麟庆所编的《河工器具图说》中记载：“刻木象乌形，尾插小旗，立于长竿之杪或屋顶，四面可以旋转。如风自南来，则乌向南，而旗即向北”，观测起来就更清晰了。



相风乌

在前面提到的《乙巳占》引文中，记述有用鸡的羽毛编成羽片的测风器。这种羽毛测风器虽然发明在唐朝以前，但是在唐朝以后才被普遍应用。它的制作和使用都很简便，而且羽片有一定重量，一般是用五两到八两。徐兢在《宣和奉使高丽图经》中记载，“立竿以鸟羽候风所向，谓之五两”。由于羽毛测风器有一定的重量，所以它除了可以观测风向外，还可以



《乙巳占》中的占风图

从羽片飞起的高度来测定风力的大小，反映了人们对风力已有了一定的定量认识。这在当时已经是一种相当先进的测风仪器了。

随着测风仪器的改进，唐朝已经把风向分成二十四个方位。

人们经过长期观测，对季风的认识逐步深化和明了，了解和掌握了它的规律——夏季刮偏南季风，冬季刮偏北季风，并用它来为航海服务。

三　季风的利用

在“浮天无岸”的汪洋大海中航行，不像内河或近海短途航行那样，可以主要凭借人力来划行。因此，风力就成为古代远洋海船的主要动力。顺风还是逆风，跟船舶航行关系重大。人们总是愿意顺风鼓帆而行；如果遇到逆风，那么不管帆的结构或调戗技术怎样高明，总是费力不讨好，短时间还可以应付，长时期的航行是无论怎样也不可能支持的。只有季风能够在比较长的时期里保持一定风向，使远洋航行能够一路顺风。这样，季风的利用也就成为古代远洋航行中的一件至关重要的大事了。

季风在我国古代称“信风”，也叫“风信”。我国大约在汉朝就利用季风来进行远洋航行了。那时候，我国已开辟了通往日本、朝鲜、印度支那、马来半岛、印度尼西亚的航线，

并且通过马六甲海峡进入印度洋，跟印度、斯里兰卡以及伊朗有了交往。这些远洋航行，不依靠季风是很难进行的。

如果说汉朝对季风的利用还存在着不自觉的因素的话，那么唐宋以后，人们已经非常自觉地、有意识地利用季风来进行航海了。明末清初顾炎武在《天下郡国利病书·福建》里说，船舶“直向东西洋驶去，跟海岛各国相互贸易，它出航有一定的季节，回归也有一定的季节”①，按照季风的更换规律来进行航海活动。对于东南亚的太平洋和南亚的印度洋航线来说，也就是宋朝朱彧在《萍洲可谈》里所说的“舶船去以十一月、十二月，就北风；来以五月、六月，就南风”。宋朝王十朋曾经用“北风航海南风回，远物来输商贾乐”的诗句，描写了商人利用季风进行海上贸易的动人情景。可是对于通往朝鲜、日本的东北亚航线，对季风的利用正好相反，应该是“南风航海北风回”了，就像《琉球国志略》中所说，从福州到琉球的船舶，“倒以夏至后乘西南风至琉球，以冬至后乘东北风回福州。”宋元时期繁荣昌盛的海外贸易，郑和船队空前规模的远航，都是利用季风更替而南去北回的。

当然，在科学不发达的古代，人们还不可能知道季风的成因。人们既得益于季风，又不知道它的成因，因此就把它神化了。宋朝两次出任泉州知府的真德秀说：“船舶的来到准时或者不准时，是风决定的；可是能够使风遵从一

---

① 见《天下郡国利病书·福建》：“径望东西洋而去，与海岛诸夷相贸易，其出有时，其归有候。”

定的规律而不误期的，是神。”① 在泉州，人们认为季风是由一个名叫通远的仙翁管理的，为了航行的来回顺风，人们举行了祈风活动。唐朝就已在泉州九日山给这个所谓通远仙翁建庙；宋朝的统治者为了鼓励航海，还把他封做通远王、善利王、广福显济王，把他的庙称做昭惠庙（祠）。祈风还成为一种制度。每年由泉州地方官员和负责航海的官员在出海和回航季节进行两次祈风祭祀典礼。现在，在泉州九日山还留下了 10 方祈风石刻。除官方在泉州进行祈风活动外，不少地方民间也树有风神。这类祈风活动一直沿袭下来，特别是在民间广泛进行。祈风活动虽然是迷信，但是它却从一个侧面反映了我国古代利用季风航海的情况。



泉州九日山宋代祈风石刻（局部）

四　天气预测

自然界的现象是极其复杂的，除了受航海者欢迎的季风外，还有许许多多给人们带来恐惧和灾难的狂风暴雨。

---

① 见《西山先生真文忠公文集 · 祈风文》：“舶之至时与不时者，风也；而能使风之从律而不愆者，神也。”

就是在现代科学技术的条件下，在茫茫大海中遭遇突然的风暴和随着激起的狂涛恶浪，仍旧被看做是航海者的灾难性事件，在古代就更使人感到恐惧了。

遭到狂风袭击而船翻人亡的事故，在历代都有发生。因此在一部航海的发展史中，可以说是饱含着世代航海者的辛酸血泪，也饱含着航海者前仆后继、跟海洋风浪搏斗的英勇气魄和无畏精神。

为了防止风暴的突然袭击，我国古代的航海者非常重视预测天气。徐兢在《宣和奉使高丽图经·梅岭》里就说过："船舶在大洋之中忽然遇到风而回转，就会茫然不知航向"，"所以要察看风云和天气以后再航行"。[①]

我国是世界上最早进行农业生产的国家之一。农业生产跟天气情况有十分密切的关系，人们从生产和生活实践中，积累了许多天气跟天象、物象、关键时日等关系的知识，编成一系列的天气谚语，一代一代地流传下来，并且不断地加以充实和提高。生活在江海之滨的人们，一方面继承农业生产上的这个传统，一方面根据江海的特点，总结出一套观测和预报天气的经验，并且应用于水上航行。

在北宋沈括的《梦溪笔谈》中，记载有一条成功的天气预报经验。"在江淮之间航行就怕遇到大风。冬天的风是缓慢形成的，航行可以先有准备。只有盛夏季节的风是突

① 见《宣和奉使高丽图经·梅岭》："至洋中卒尔风回，则茫然不知所向矣"，"故审视风云天时，而后进也。"

然刮起来的，船只往往会遇难。我曾经听说江南水乡的商人有方法可以免除这个祸患。夏天刮风一般都在午后，想要行船的人五更初起床，看到星星和月亮明洁，从天空四周到跟地面相接的地方都没有云，就可以行船；到上午 9 点到 11 点的时候就停泊。这样，就再也不会遇到暴风了。国子博士李云规说：‘他一生游历于江湖之中，从来没有遇到过暴风，就是用的这个方法。’”[①] 这段记载表明，人们很重视行船时候的天气变化，因此分析了风暴出现的年变化和日变化的规律，得出预报的经验，避免遇到风暴。

宋朝以后，随着航海事业的发展，天气预测的经验也更加丰富。在有关航海的书里，大都记载了关于天气预测的谚语，包括风、雨、云、雾、电等各方面内容。例如：“海燕忽成群而来，主风雨”；“朝看东南黑，势急午前雨，暮看西北黑，半夜看风雨”；“风雨潮相攻，飓风难将避，初三须有飓，初四还可惧。望日二十三，飓风君可畏，七八必有风，汛头有风至”；“七月上旬来，争秋莫船开，八月半旬时，随潮不可移”；“早日暮赤，飞沙走石，日没暗红，无雨必风”；“海乏沙尘，大飓难禁，若近沙岸，仔细思寻”；“电光乱明，无风雨晴，闪烁星光，星下风狂”；……这许许多多由长期经验凝聚而成的谚语，成为航海者

---

① 见《梦溪笔谈》：“江淮间唯畏大风。冬月风作有渐，航行可以为备。唯盛夏风起于顾盼间，往往罹难。曾闻江国贾人有一术，可免此患。大凡夏月风景，须作于午后。欲行船者，五鼓初起，视星月明洁，四际至地，皆无云气，便可行；至于巳时即止。如此，无复与暴风遇矣。国子博士李云规云：‘平生游江湖，未尝遇风，用此术’。”

必备的基本知识。正像《梦粱录》所说的："船上主管航行的舟师观看日出、日中、日入的情况就知道是阴天还是晴天，观察云层的情况，就可以知道是逆风还是顺风，不会有丝毫差误。"[①] 在航海途中，天气变化关系到身家性命的存亡，因此人们都非常注意观察各种天气现象，预测风雨，以便决定开航和停泊，如果有风暴，就及早做好准备或者就近靠岸避风，防止灾难的发生。

---

① 见《梦粱录》："舟师观海洋日出、日中、日入，则知阴晴，验云气，则知风色逆顺，毫发不差。"

第十四章

天文导航——过洋牵星

一　航向的观测

在《顺风相送》的序里写着："陆上行走遇到困难还有路可以寻找，有人可以问。如果行船遇到困难，那么海水连天，虽然有山峦和岛屿，也无法辨认。"[1] 情况确实是这样，当船离开港口驶入浩瀚的大海，极目四望，"但见波光接天绿"，水天一片，你能分辨出东、西、南、北，知道船舶向什么方向航行吗？而这却是航海者，特别是船长所必须明了的。否则，船舶就会迷失方向，偏离航道，不要说无法到达目的地，甚至会遭遇意外灾难。指引航向，保证船舶的正常航行，对于航海者来说实在是太重要了。

在指南针发明以前，人们是利用日月星辰来判定方向的。

我国是天文学发达最早的国家之一。早在六七千年前的新石器时代，就已经有了东、西、南、北四个方位的观念，并且逐步形成了确定方位的方法。开始，人们是根据太阳的出没方向来定东、西的；接着，人们发现每天日影最短的时候太阳的方位恰好是正南，用它也可以判定东、西、南、北；以后，人们又发现北极星恒定在北方的方位，

---

① 见《顺风相送·序》（作者佚名）："行路难者有径可寻，有人可问。若行船难者则海水连接于天，虽有山屿，莫能识认。"

而北斗星一直在北极星的附近，指示着北极星的方位，夜间可以用它来判知东、西、南、北。早期的航海者就是利用这些知识来指引航向的，这也可以说是航海天文学的开端。

在古代，天文导航又叫过洋牵星，它包括观测方向和方位两个部分。我国最迟在公元前二世纪的西汉初期就已经利用天文知识来导航了。当时的著作《淮南子》一书里说，“如果乘船的人分辨不清方向，只要观测北斗星和北极星就可以明白了。”[①] 东晋访问印度和斯里兰卡的高僧法显在五世纪初乘船回国，他在记述这段行程的时候也说：“大海之中弥漫没有边际，无法分辨东西，只有依靠日、月和星辰来指示航向。如果在阴雨天气，看不到日、月和星辰，就可能被风吹离航线，迷失方向。……只有等到天晴以后才能重新辨认方向，有希望恢复正确的航向前进。”[②] 这表明天文导航是当时的唯一方法。

天文导航的方法在指南针用在航海上以后，仍旧没有被遗弃，而是继续得到充实和发展，跟指南针配合使用，相得益彰，把导航技术推向一个新阶段。

徐兢在《宣和奉使高丽图经》里说：船在海中航行，不像陆上交通那样可以昼行夜宿，夜间是不能随意停泊的，必须继续航行。航行的时候，晴天靠观测星辰、北斗来指

---

① 见《淮南子》：“夫乘舟而惑者不知东西，见斗、极则悟矣。”

② 见《历游天竺记传》：“大海弥漫无边，不识东西，唯望日、月、星宿而进。若阴雨时，为风逐去，亦无准。……至天晴已，乃知东西，还复望正而进。”

引航向，阴天看不到星辰，就得靠指南浮针度量南北方向来导航了。[1] 天文导航和指南针导航互相配合，就不会发生阴雨天迷航的事故，不管天阴天晴，都能沿着正确的航向前进。直到明朝，利用天文知识来指引航向，仍在航海中占有重要的地位。跟随郑和下西洋的马欢在《纪行诗》里写着："弱水南滨溜山国，去路茫茫更险艰。欲投西域遥凝目，但见波光接天绿。舟人矫首混西东，唯指星辰定南北"（"弱水"指极西处的海域，"溜山国"就是现在的马尔代夫），生动地描绘了当时的航海情景，以及天文导航的作用。

二 船舶方位的测定

在海中航行仅辨明方向是远远不够的。如果只知道方向，但是从不同的位置出发，就可能发生极大的偏差，仍会迷失航向，不能顺利地到达目的地。为了保证船舶的顺利航行，还必须了解它在海中的位置。这在周围没有什么地物标志的汪洋大海里，只有通过对星辰的观测才能做到。它的方法是通过观测一些重要的方位星，比如北极星、北斗星的出地高度，然后进行计算，就可以得知船舶的方位。

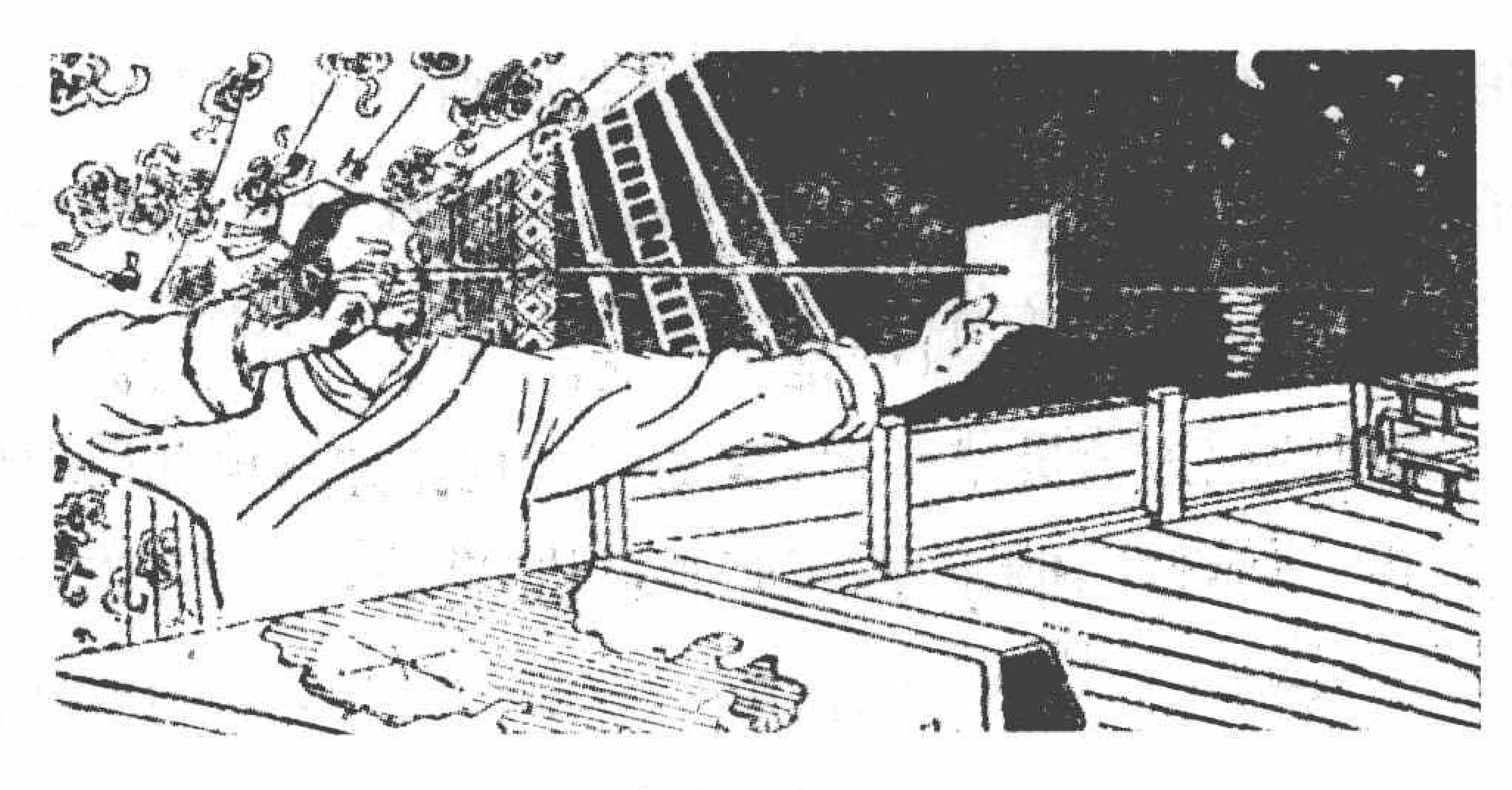
---

① 见《宣和奉使高丽图经》："洋中不可住，维视星斗前迈；若晦冥，则用指南浮针以揆南北。"

我国有重视观测星辰的优良传统。历史上对星辰的观测，不但在陆上进行，而且很早就在海上进行。在《汉书·艺文志》中，已经列有《海中星占验》、《海中五星经杂事》、《海中五星顺逆》、《海中二十八宿国分》、《海中二十八宿臣分》、《海中日月彗虹杂占》等书目，表明当时在海中观测星象的工作已经受到相当重视。北齐的民间天文学家张子信，在一个海岛上对日月五星进行了三十多年的观测。这一在海中观测星辰的传统，为我国古代航海天文学的发展奠定了坚实的基础。同时，我国历史上的测量数学非常发达，西晋的著名数学家刘徽就著有一部《海岛算经》（又称《重差》）的数学著作，内容是测量目的物的高和远的计算方法，其中包括测量太阳的高和远的方法。唐朝的著名天文学家一行组织人力对地球子午线进行了世界上第一次的测量和计算。元朝的著名天文学家和数学家郭守敬又进行了大规模的大地测量。

随着航海事业的发展，人们终于把天文学和计算数学应用在航海上，形成了称做“牵星术”的天文航海技术，用来测定船舶在海中的方位。也就是以“牵星高低为准”，通过所测量的星斗高低位置，来计算船舶跟陆地距离的远近，再从观测日月的出没，或者指南针的指向而得知方向，就可以确定船舶在海中的位置和航向了。就像巩珍在《西洋番国志·自序》里所说的：“在大海中航行，只见浩渺无际，水天相连，什么也看不到，只有观察日月升降来辨别东西，观测星斗高低来度量远近。同时，在刻着方向位置

的木制地盘上放着水浮指南针，用来指引航向。”①



牵星板的应用

大约在元明时期，我国开始利用牵星术来观测船舶所在地的地理纬度。牵星术是利用一种叫牵星板的简便工具来进行的。据明朝李诩（xǔ）的《戒庵老人漫笔》记载，牵星板用乌木制成，一副是十二块正方形木板，从小到大，最小的每边大约二厘米，每块大约递增二厘米，最大的每边大约二十四厘米。它的单位叫做指，分别是一指、二指一直到十二指，一指相当于现在的一度半左右。另外又有用象牙制成的一个小方块，大约六厘米长，四角刻有缺口。缺口四边的长度分别是半角、一角、二角、三角，一角是四分之一指。使用的时候左手拿着牵星板一端的中心，手臂伸直，让木板的下边缘保持水平线，上边缘对准所观测的星斗，这样就可以测出船舶所在地所看到的星斗距离水

① 见《西洋番国志·自序》：“经济大海，绵邈弥茫，水天连接。四望迥然，绝无纤翳之隐蔽。唯观日月升坠，以辨西东，星斗高低，度量远近。皆斲木为盘，书刻干支之字，浮针于水，指向行舟。”翳（yì），遮蔽的意思。斲（zhuó），同斫，用刀斧砍的意思。

平线的高度。高度不同可以用12块牵星板或象牙板替换调整。在测得星斗高度以后，就可以计算出船舶所在地的地理纬度。

郑和船队的天文导航是由专人掌管的，称做阴阳官和阴阳生。《三宝太监西洋记通俗演义》里写着，郑和船队里有“观星斗阴阳官十员”，又说“每一号船上面，有三层天盘，每一层天盘里面摆着二十四名官军，日上看风看云，夜来观星观斗”。这虽然是小说里的记载，但是也在一定程度上反映了当时天文航海术的实际情况。

三　天文航海图和口诀、歌诀

为了便于人们在航海中应用，明朝还把天文航海的观测结果编制成过洋牵星图（就是天文航海图）和天文航海歌诀。现在发现的这方面最早的记述，是《郑和航海图》里的“过洋牵星图”和《顺风相送》里的天文航海口诀、歌诀，它们都是郑和船队航海盛举的产物。



古里往忽鲁谟斯的过洋牵星图

在《郑和航海图》里收有“过洋牵星图”4幅，分别是古里（现在的印度西南部）往忽鲁谟斯

（现在的伊朗境内）、忽鲁谟斯回古里国、锡兰山（现在的斯里兰卡）回苏门答剌（现在译苏门答腊，属印尼）、龙涎屿（现在的苏门答腊附近）往锡兰（现在的斯里兰卡）的过洋牵星图，实际上是从印度西南部到伊朗以及从苏门答腊到斯里兰卡两段洋面的天文航海图。来回航程所观测的星辰方位不尽相同，反映了往返的季节不同，因此星位也有差异。图中北辰星就是北极星，“丁得把昔过洋，牵北辰星七指平水”，“到沙马姑山看北辰星十四指平水”，意思是丁得把昔在北极星距离水平七指高的位置，船到沙马姑山的时候，北极星距离水平十四指高，就是北极星是逐渐升高的，只有航向偏北才有这种现象。丁得把昔和沙马姑山是印度洋中的两个地名，它们在什么地方，现在已无从查考。图中其他的记述，意思都跟它差不多，这里就不一一说明了。



忽鲁谟斯回古里的过洋牵星图

在《郑和航海图》以指南针为主所绘制的图中，也注有不少星辰的位置。比如图中所注“华盖五指二角”，表示在已龙溜（今斯里兰卡东南）这个地方，华盖星（就是小熊星座β星、γ星等八星）的高度距离水平五指二角。

《顺风相送》里的天文航海口诀、歌诀，包括有《观星法》、《定太阳出没歌》、《定太阴出没歌》（“太阴”就是月

亮）等。比如《定太阳出没歌》是："正九出乙没庚方。二八出兔没鸡场。三七出甲从辛没。四六生寅没犬藏。五月出艮归乾上。仲冬出巽没方坤。唯有十月十二月，出辰入申仔细详。"① 我国古代把星辰的位置和日、月在十二个月份中的出没方向编制成口诀、歌诀的形式，简单易记，对航海者有一定的助益。



《郑和航海图》针路中的牵星记载

过洋牵星图和天文航海口诀、歌诀的出现，标志着我国天文航海技术的进步，其在远洋航行中发挥了很大的作用。

---

① 在《定太阳出没歌》中，"兔"是卯方位，"鸡"是酉方位，"犬"是戌方位，"巽"（xùn）是地盘上的方位，在东南方。这首歌的意思是："正月、九月，日出的方向是正东偏南十五度左右，日落的方向是正西偏南十五度左右。二月、八月，日出的方向是正东，日落的方向是正西。三月、七月，日出的方向是正东偏北十五度左右，日落的方向是正西偏北十五度左右。四月、六月，日出的方向是正东偏北三十度左右，日落的方向是正西偏北三十度左右。五月，日出的方向是正东偏北四十五度左右，日落的方向是正西偏北四十五度左右。十一月，日出的方向是正东偏南四十五度左右，日落的方向是正西偏南四十五度左右。只有十月和十二月，日出的方向是正东偏南三十度左右，日落的方向是正西偏南三十度左右。"从罗盘方位图（见第十五章的罗盘图）中就可以清楚地知道一年十二个月的太阳出没方位。

第十五章

浮针辨四维

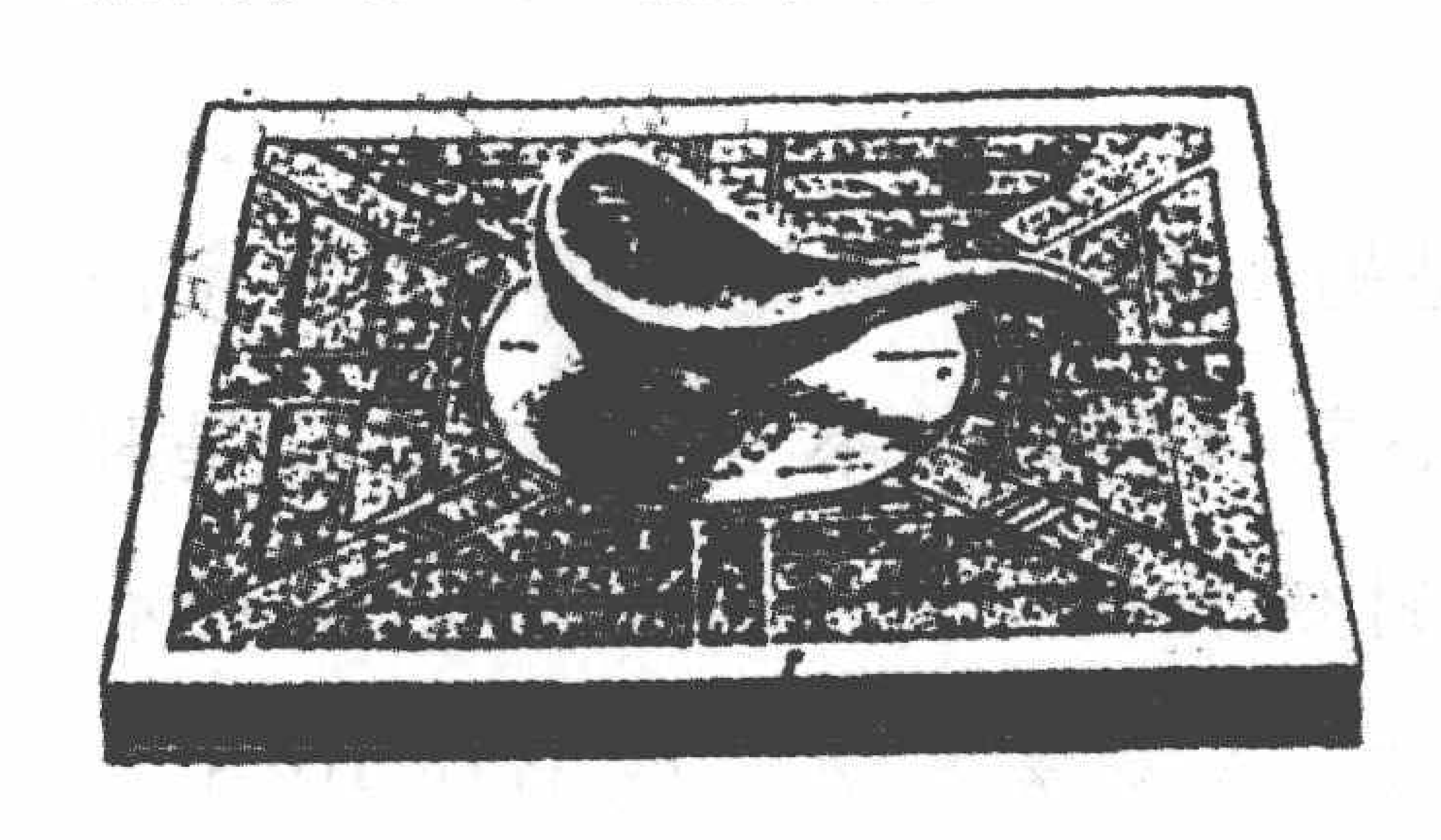
一 理想的指向仪器——指南针

关于磁铁的指极特性，现在已成为人们日常生活中的普通常识了，指南针也已成为最普通的指引方向的仪器。但是，对于几千年以前的人类来说，发现磁铁的指极性可不是一件容易的事情。这是因为人们采集到的天然磁铁矿石的形状是很不规则的，而且又没有适当的装置，所以磁铁的指极性无法显示出来。从这一点上就可以看到，磁铁指极性的发现，并且用它来制成指向仪器，是一项很了不起的发现和发明。

我国是最早发现磁铁的指极性并且用它来制成指向仪器的国家。早在两千多年以前的战国时期，我们的祖先就发明了一种称做“司南”的磁铁指南仪器。“司”的意思是掌管，司南也就是专门掌管南方的装置。东汉王充在《论衡·是应篇》里说，“司南之杓，投之于地，其柢指南”，明确地表述出司南的形状像一只勺子，后人认为它是用天然磁铁矿石（磁石）磨制成的。“地”指的是一个具有二十四个方位刻度的地盘（就是罗盘），把司南放在地盘上，司南勺把的顶端就会指向南方，就可以定出方位，指引方向。战国时期已经利用司南来确定东、南、西、北的方位。据《鬼谷子·谋篇》记载，郑国的人到远方去采玉，身边带着司南，可以避免迷失方向。从战国直到隋唐的一千多年时

间里，司南一直被当作一种主要的指向仪器来应用。

用天然磁石制造的司南不容易找出准确的极向，制造的时候琢、磨也容易使磁石失去磁性，成品率低，加上司南和地盘的接触面大，转动的时候摩擦阻力也大，效果不太好，所以司南还不是一种理想的指向仪器，没有得到广泛的应用。为了研制理想的指向仪器，人们在不断地进行探索。经过长时间的摸索和实验，人们终于取得了重大的突破，发明了人工磁化方法，制造出了理想的指向仪器——指南针。



司南复原图

我国是什么时候发明人工磁化方法和制造出指南针的，现在还无法确切地知道。但是最迟在北宋初期就已经发明了人工磁化的方法，并且成功地制造出了指南针。

据北宋曾公亮主编的《武经总要》和沈括所写的《梦溪笔谈》记载，当时采用的人工磁化方法有两种。《武经总要》记载的是利用地磁场的磁化方法：把薄铁片裁剪成鱼形放在炭火里烧，等烧得通红以后夹出，把尾部蘸入水中，让鱼尾指向正北方向（子位），并且稍微向下倾斜，然后取出，鱼形薄铁片就磁化，有了指向性。这种利用地磁场磁化的方法，是一种非常了不起的发现和发明，包含有丰富的科学道理。近代和现代科学表明，磁铁的磁性是由磁畴

的规则排列而产生的，非磁铁的磁畴却由于排列杂乱无章而不具有磁性。鱼形薄铁片烧红以后，内部磁畴活动加剧，沿南北方向放置，可以在强大的地磁场作用下，使磁畴顺着地磁场的方向排列，蘸入水中可以使磁畴的规则排列比较快地固定下来。至于鱼尾稍微向下倾斜，是由于地球磁场的磁倾角作用，可以增大磁化的程度，这反映出当时我国已经在世界上首先发现了地球的磁倾角。《武经总要》把这种磁化后的鱼称做指南鱼，在行军的时候让它浮在水面，就能指引方向。但是，用这种方法磁化以后所获得的磁性比较弱，实用价值还不大。

《梦溪笔谈》记载的是另一种人工磁化方法，“方家以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也”。这是利用磁石的磁场作用，使铁针磁化的方法，这种方法简便有效，它导致了指南针的问世。《梦溪笔谈》成书在 1088 年到 1095 年之间，沈括记载的是自己的见闻，这表明利用磁石磁化铁针，制成指南针的时间在这以前，而且记载中的“常微偏东，不全南也”，说明人们已经利用指南针发现了地球的磁偏角。沈括称指南针是方家（风水先生）发明的，这大致是符合历史事实的。1041 年成书的看风水的书籍《茔原总录》，就已经有应用指南针和发现磁偏角的记载，说明在这以前风水先生已经使用指南针了。指南针制造简便，又有良好的指向效果，所以推广很快，逐渐被全世界普遍采用。在十九世纪电磁铁出现以前，世界上的指南针都是采用磁石磁化的方法制成的。直到今天，指南针仍被

人们广泛地使用着。

二　指南针在航海中的应用

在北宋末期，我国已经把指南针作为导航仪器，应用在航海事业中。朱彧在《萍洲可谈》里谈到1099年到1102年之间的航海活动的时候说："主管航行的舟师能够识别地理方位，夜间观测星辰，白天观测太阳，阴晦天气看指南针"①。在上一章里所引的《宣和奉使高丽图经》中也有"阴天看不到星辰，就得靠指南浮针度量南北方向来导航"的话。这些都表明当时人们已经在航海中利用指南针导航。到了元朝以后，就不论昼夜阴晴都应用指南针来导航了。

《宣和奉使高丽图经》所提的"指南浮针"，说明当时的指南针装置使用的是水浮法，也就是后来所称的水罗盘。水浮法在《梦溪笔谈》里就有记载，在北宋晚期寇宗奭（shì）的《本草衍义》里讲得更清楚，他说："以针横贯灯心，浮水上，亦指南。"也就是说指南浮针是把磁化了的铁针穿过灯心草，浮在水上，磁针就可以在水面上转动来指引方向。把指南浮针跟方位盘结合在一起，就成为水罗盘。在明朝嘉靖年间（1522～1566）以前，我国一直是使用水罗盘的。水罗盘制作简便，它的缺点是水面不容易

---

① 见《萍洲可谈》："舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针"。

平稳，特别是在航行中，更容易随着船舶的摇动而摇晃，就像沈括所说“水浮多荡摇”，影响指南效果。指南浮针传到欧洲以后，欧洲人很快加以改进，制成了旱罗盘，就是磁针放在钉子尖端，可以自由转动，就像现在人们常用的指南针。旱罗盘由于有固定的支点，不像在水面上那样不容易平稳，性能比水罗盘优异，更适用于航海。我国在明朝嘉靖年间，吸取了旱罗盘的制作方法，开始使用旱罗盘。

指南针在航海中的应用，是航海史上一件划时代的大事。南宋朱继芳写的关于航海的诗中说：“浮针辨四维”，形象地描述了指南针的作用。有了指南针，人们就获得了全天候航行的能力，再也不用担心阴雨天气观测不到日月星辰、分不清东西南北而迷失方向了。而且，指南针连同方位盘，使人们能够定量地测量船舶在海洋中的位置。李约瑟称指南针在航海中的应用是“航海技艺方面的巨大改革”，它把“原始航海时代推到终点”，“预示计量航海时代的来临”。这个评价是符合历史真实的。

也正因为这样，指南针使人类在茫茫大海中航行得到了更大的自由，大大地促进了航海事业的发展。特别是 12 世纪末、13 世纪初，指南针传到阿拉伯，又从阿拉伯传到欧洲，给欧洲正在酝酿中的社会变革提供了一种强有力的工具，因而新的航线不断地被开辟，促成了航海时代的到来。可以这样说，如果没有指南针的应用，就不会有近代航海事业的大发展，就不会有地理大发现，就不会有各国之间的大规模经济贸易和文化交流，也就不会有近代文明

的突飞猛进。关于指南针对近代世界进程的作用，人们历来给予极高的评价。17 世纪英国杰出的哲学家、近代实验科学的创始人弗兰西斯·培根说，印刷术、火药和指南针“这三种东西曾改变了整个世界事物的面貌和状态，第一种在文学上，第二种在战争上，第三种在航海上，由此又产生了无数的变化。这种变化是这样的大，以致没有一个帝国，没有一个教派，没有一个赫赫有名的人物，能比这三种机械发明在人类的事业中产生更大的力量和影响。”伟大的革命导师马克思更赞扬说：“火药、指南针、印刷术——这是预告资产阶级社会到来的三大发明。火药把骑士阶层炸得粉碎，指南针打开了世界市场并建立了殖民地，而印刷术则变成新教的工具，总的来说变成科学复兴的手段，变成对精神发展创造必要前提的最强大的杠杆。”[①] 由此可见，指南针的发明和应用，连同人工磁化方法和地球磁倾角、磁偏角的发现，是我国古代对人类文明进化的极其伟大的贡献。

三　针经和航海图

自从指南针在航海中应用以后，很快就成为最主要的导航仪器，受到了航海者的格外重视。人们在船上设置了

① 《马克思恩格斯全集》第 47 卷，第 427 页。

专门放置罗盘的场所，称做针房，挑选有丰富经验的人掌管，把掌管罗盘的人叫做火长。除火长外，船上的一般人员是不允许进入针房的。《梦粱录·江海船舰》记载："风雨阴晦的时候只有依靠指南针来导航，由船上的火长专门掌管，不敢有丝毫差误，因为它关系到全船人的性命。……海洋靠近山礁的地方就水浅，触礁会撞坏船只。因此，全靠指南针导航，如果稍有差误，就会葬身鱼腹。"① 《西洋番国志》也记载："选取民间经常驾船下海的艄公担任火长，作船上的船师。请他掌管针经航海图，专门料理。这是一件大事，责任很重，哪能容许怠慢和疏忽"②。这些都反映了指南针导航的重要作用。



《郑和航海图》中的针路记载

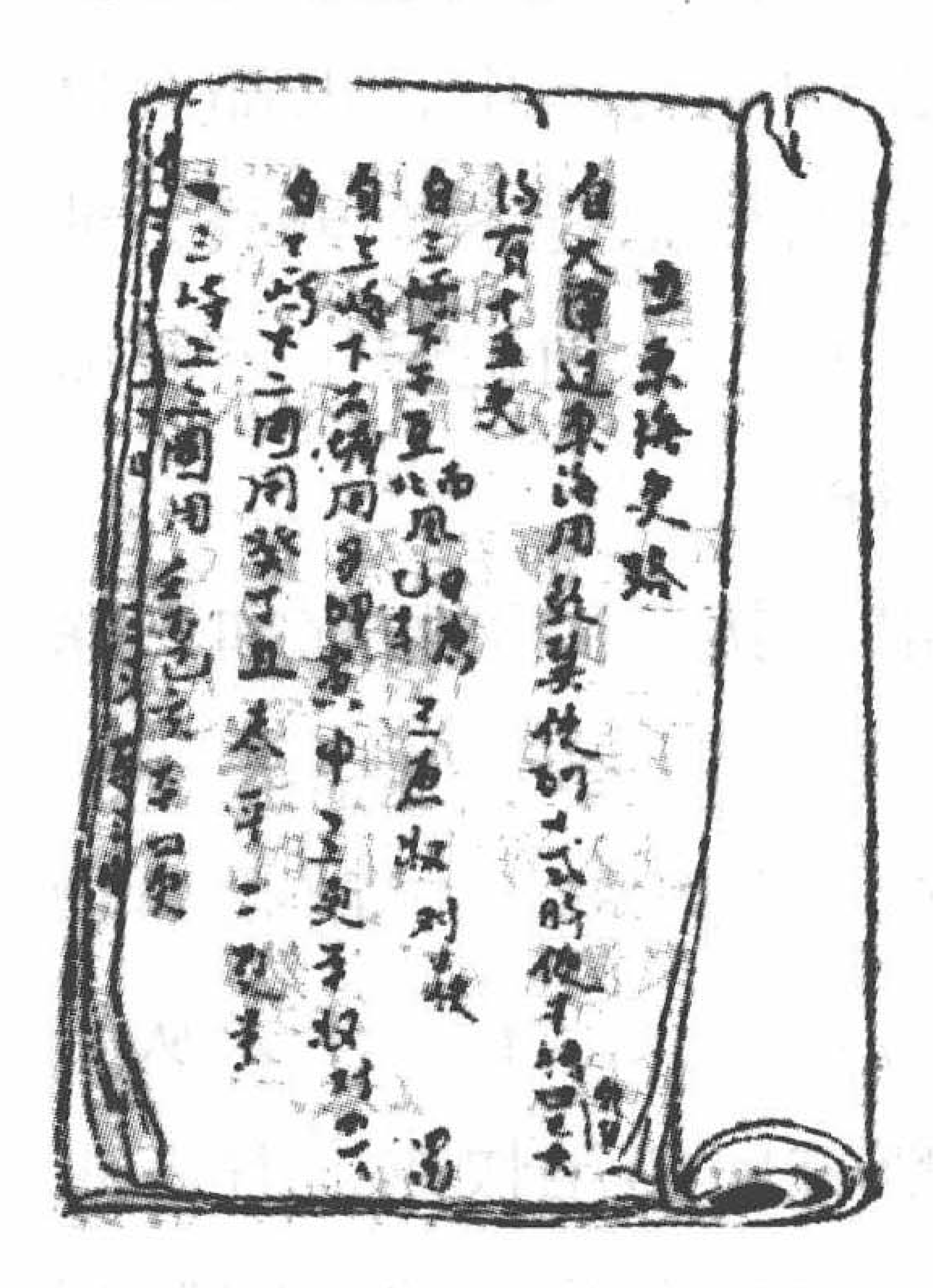
由于在航行中靠的是"浮针于水，指向行舟"，用指南针指引航线，"进哪个港湾，转哪个海口，以及开船出海，

---

① 见《梦粱录·江海船舰》："风雨晦暝时，唯凭针盘而行，乃火长掌之，毫厘不敢差误，盖一舟人命所系也。……但海洋近山礁则水浅，撞礁必坏船。全凭南针，或有少差，即葬鱼腹。"

② 见《西洋番国志·自序》："选取驾船民艄中经惯下海者称为火长，用作船师。乃以针经图式付与领执，专一料理，事大责重，岂容怠忽"。

避开礁石和浅滩，都是用指南针来确定的。”① 所以人们把航线称做针路，并且根据它来绘制航海图，或者写成详细记述针路的专书，称做针经，也叫针谱、针簿。在航海图和针经的针路记录中，人们把罗盘的三百六十度分成二十四等分，相隔十五度是一向，叫正针，也称单针、丹针；两正针夹缝之间也是一向，叫缝针，因此罗盘实际上有四十八个方位。针经一般都记明某地开船、航向、航程、船到某地等详细内容，有的还记录了海上的各种危险物，如浅滩、暗礁、水草、沙洲、岩石等。



20世纪20年代的民间针簿

我国在宋朝就有针路的记载和航海图的绘制。北宋徐兢的《宣和奉使高丽图经》中说，“谨列出神舟所经过的岛屿、沙洲和暗礁而制成图”②，表明当时就绘制有航海图，可惜已经失传，现存的针路著作和航海图都是明朝以后的。著名的有前面提到过的《郑和航海图》和《两种海道针经》等。这些针经和航海图，详细记录了我国船舶航行在东北亚、东南亚、印度洋直到东北非的航线，反映了在明初我国的航海

① 见《松江府志》：“进某澳，转某门，以至开洋，避礁避浅，皆以针定。”
② 见《宣和奉使高丽图经》：“谨列夫神舟所经岛洲苫屿而为之图”。

技术仍处在世界的领先地位。

直到16世纪初葡萄牙人在东南亚航行的时候，仍旧袭用我国的针路。

四　其他航海技术

在海中航行，除了知道航向和方位以外，还必须了解航速、航程以及航线上的海水深浅，才能保持准确的航线，保证航行安全。在上面谈到的针路和航海图中，也都有这些参数的记载。如上面所示的航海图中记有不少更数，就是航程。在《两种海道针经》中，更是详细记录了各段航线上的更数和托数，就是航程和水深。

为了测定航程和水深，我国很早就发明了测程和测深的方法。

测量航程的方法在三国时期就已经出现，《南州异物志》中记载了吴国航海者的测量方法，就是有一个人从船头把一块木片投入海中，同时从船首向船尾快跑，看人跟木片是否同时到达来测量航速，然后根据航行的时间测算航程。航程用“更”做单位，一更是30公里。直到明朝还是沿用这种方法，只是规定得更具体些。清初李元春的《台湾志略》记载，“让一个人在船首把拿着的木片投入海中，随即从船首快速地走到船尾，木片跟人同时到达是准更。如果人比木片先到船尾，就是不上更。如果木片比人

先到船尾，就是过更。计算所差的尺寸，估计更数的多少，就能够知道所走航程的远近。”[①] 在测量中，时间的测算是把一天一夜分成十更，用燃点香的支数来计算的，所以这种计时方法也叫香漏。明清时期也有用沙漏来计时的。我国古代这一测量航程的方法，跟近代西方航海用的扇形计程仪的构造十分相似。扇形计程仪是用一块扇形木板，不过用跟全船等长的游线系住投入海中，游线上有记号，然后用沙时计来计算时间，从游线的长度算出航速和航程。

至于测深方面，我国最迟在唐末已有测深的设备。测深设备有两种，一种是“下钩”测深，一种是“以绳结铁”测深。据《梦粱录》记载，我国宋朝已掌握了比较熟练的深水测量技术，可以测水深七十多丈了。我国古代的测水深技术也叫做“打水”，水深的单位用“托”表示。据《东西洋考》解释，“托”是方言，“谓长如两手分开者为一托”，合旧尺五尺，大约相当于现在的四尺。

测深所用的设备不但可以测量水的深浅，而且可以用来测知海底的情况，确定船舶所处场所能否停泊，以及辨别船舶已到什么地方。据《台湾志略》记载，在茫茫大海之中，“如果看不见岛屿，就用细纱作为绳子，长六七十丈，一端系着铅锤，铅锤上涂牛油以后坠入海底，粘起海底的泥沙，分辨泥沙的颜色，就可以知道船到什么地方。

---

① 见《台湾志略》：“以一人取木片，赴船首投海中，即从船首疾行至船尾，木片与人行齐为准。或人行先木片至，则为不上更。或木片先人行至，则为过更。计所差之尺寸，酌更数之多寡，便知所行远近。”

在海洋中下碇停泊等风，也可以用这个方法。如果铅锤粘不起泥沙，不是海水很深就是石底，不可停泊。”[①] 清初黄叔璥的《台湾使槎录》也记载，“下碇停泊先要用铅锤测试水的深浅，绳六七十丈，绳用完了还不到底，就不敢停泊。铅锤的底部涂上牛油，用来粘起沙泥，船上的舟师就能辨认船到什么地方。”[②] 从这些记载中，我们可以清楚地看到铅锤系绳的功用。它也说明人们经过长期的航海实践，对航线上海底的情况已经了如指掌。

---

① 见《台湾志略》：“如无岛屿可望，则用细纱为绳，长六、七十丈，系铅垂，涂以牛油，坠入海底，粘起泥沙，辨其土色，可知舟至某处。其洋中寄碇候风，亦依此法。倘铅垂粘不起泥沙，非甚深即石底，不可寄泊。”

② 见《台湾使槎录》：“寄碇先用铅垂试水深浅，绳六、七十丈，绳尽犹不到底，则不敢寄。铅垂之末涂以牛油，沾起沙泥，舵师辄能辨至某处。”

第十六章

航海的保护神——天妃

一　天妃和航海

在我国漫长的海岸线上，南到广东、广西，北到辽宁，甚至在东南亚各国的沿海，都有数不清的天妃神宫以及神位，供奉着航海的保护神——天妃。从宋朝到清朝的近千年时间里，官员航海出使外国，官方的海上漕运，商人乘船进行海上贸易，渔民扬帆出海打鱼，在启航以前都要先行祭祷，祈求天妃赐给顺风和保佑安全。在船上还设立了天妃的神位，以求保佑。可以说，天妃犹如西方的圣母玛丽亚、佛教的救苦救难观世音菩萨，是历史上我国跟海洋打交道的人们心目中的保护神。在御制《南京弘仁普济天妃宫碑》上有一首诗是这样记载的："上帝有命司沧溟，驱役百怪降魔精，囊括风雨雷电霆，时其发泄执其衡。洪涛巨浪帖不惊，凌空若履平地行，雕题卉服皆天氓，梯航万国悉来庭。"

人们在祈祷天妃保佑的活动中，还在天妃宫中供奉船舶模型。日积月累，天妃宫里就陈列了各种各样的船舶模型，成为古代各地船型的博物馆，为研究古代船舶的发展提供了珍贵的实物资料。例如，在山东长岛的天妃宫里就有船舶模型三百多个，可惜在"文化大革命"中遭到破坏，现已所剩无几。此外，在各地的天妃宫里，历代还立有不少碑记，记述了一些重大的航海事迹，为我们提供了极有价值的文字史料。例如，郑和七次下西洋的时间，就是根据刘家港（今江

苏太仓浏河镇）天妃宫和长乐（今福建长乐）天妃宫的石碑记载来确定的。

膜拜天妃，祈求神明保佑，当然是一种迷信。但是，对天妃的膜拜又跟宗教信仰不同，是一种对自然神的崇拜。它在科学不发达的古代社会中是很普遍和盛行的。如湘水流域人民对湘夫人的崇拜，黄河流域人民对河伯的崇拜，洛水流域人民对洛神的崇拜，等等。事情常常是这样的，当人们还不了解自然规律、不能掌握自身命运而受自然力所支配的时候，就把自然现象神化，产生宗教迷信，借以作为自己的精神寄托。正像唐朝著名哲学家和文学家刘禹锡在《天论》中所说：当船在潍河、淄河、伊河、洛河等小河里行驶的时候，船行的快慢、停息和安危都是由人所决定的，即使遇到狂风和旋流，也不会造成多大的危害。因此，船上的人从来没有谈论天的意志的，因为人们明了其中的道理，能够掌握自己的命运。而当船在长江、汉水、淮河、海河等大江之中航行的时候，船行的快慢、停息和安危都难以由人力决定。在开阔的水面上，微风也能激起波澜，车盖大的云块也会使人大惊小怪，只好把生死存亡寄托于上天。因而，船上的人从来没有谈论人的意志的，因为人还没有认识自然变化的规律，还不能掌握自己的命运①。在大江之中尚且

① 见《天论》："夫舟行乎潍、淄、伊、洛者，疾徐存乎人，次舍存乎人。风之怒号，不能鼓为涛也；流之溯洄，不能峭为魁也。适有迅而安，亦人也；适有覆而胶，亦人也。舟中之人未尝有言天者。何哉？理明故也。彼行乎江、汉、淮、海者，疾徐不可得而知也，次舍不可得而必也。鸣条之风可以沃日，车盖之云可以见怪。恬然济，亦天也；黯然沉，亦天也；阽危而仅存，亦天也。舟中之人未尝有言人者，何哉？理昧故也。"

这样，在漫无边际的汪洋大海之中，人们就更难于把握风云的变化，掌握自己的命运了。因此，祈求上天或是祈求神灵的保佑，也就不足为怪了。

天妃的出现虽然是一种迷信，但是她在科学技术不发达的古代，却颇能给航海者一种精神上的寄托和安慰，增强人们跟海洋搏斗的信心。

二 天妃的传说

天妃又称天后、天母、天上圣母，福建、台湾俗称妈祖，广东俗称婆祖。天妃姓林，福建莆田湄洲人，生于北宋建隆元年（960），死于雍熙四年（987），活了27岁，终身未嫁。湄洲是个海岛，居民都以出海通商或打鱼为业。天妃家里是经商的。据传她母亲怀孕的时候，观音大士在梦里授以药丸，后来才生下了天妃。天妃出生一个月后，还没有人听到过她的哭声，因此给她取名叫默。八岁那年，天妃到书塾读书就能透彻地理解文义。十几岁的时候，喜爱诵读佛经和膜拜佛像，每天早晚都要念经拜佛，从不间断。后来有个道士向她传授道家的玄微秘法，十六岁那年窥视水井得到灵符，于是通变化，能乘席渡海，驱邪救世，屡显神异。相传她父亲航海遇难溺水，她示梦前去援救。

也有人传说她有四个兄弟，在海岛之间往来经商。有一天，天妃手足若有所失，闭上眼睛默坐了一段时间，父

母以为她得了急病，赶快叫醒她。她醒来后懊丧地说："怎么不让我保全兄弟平安无事呢!"父母听不明白她在说些什么。三天以后，她的兄弟航行回来，哭着说：三日前飓风大作，他们兄弟各在一只船上，长兄的船沉到水底了。当时，见到一个女子在水上行走就像在平地上一样。父母听后才明白是怎么一回事，但是懊悔已经来不及了。

天妃死后，当地的父老为她建祠，起名叫圣墩，并且产生了许多她救护船舶的传说。例如：

宣和四年（1122），给事中路允迪出使朝鲜，中途遇到大风，有八艘船只沉没，只有路允迪所乘的船受到天妃的保护，安全归来。

明洪武年间（1368～1398），在一次通过海上的漕运中遇到大风，载运粮米几百万石的船舶被风吹散，漂泊在茫茫的大海之中，随时有沉入海底的危险。船上的人非常恐慌，哀号等死，大呼天妃，于是风回舟转，平安抵达目的地。

郑和第一次下西洋，航行到广州外面的大星洋的时候遇到了大风，船舶处在倾覆的危急之中，船上的人请郑和赶快祈祷天妃。郑和祷告说："和奉使出使外邦，忽风涛危险。身固不足惜，恐无以报天子。且数百人之命，悬于呼吸，望神妃救之。"祷告完不久，就听见一阵喧闹的鼓吹声，随之闻到一阵香风飘然而来，恍惚看见神立在桅端，于是风平浪静，船舶脱离了危险。

明成化年间（1465～1487），给事中陈询出使日本，海

上遇到风浪，处境危急。忽然，看见两只红灯从天而降，好像有人在说：救人不救船。接着有几条渔船随灯到来，说是天妃派遣的，把人救上渔船。

还有人说，在海中遇险的时候不可喊天妃，要喊姑婆。因为喊天妃，她得穿戴朝冠朝服，排仪仗出来，经常来不及援救；而喊姑婆，她会以为是家里人，日常衣着出来就可以了。

诸如此类，不一而足。当然，这些传说都是荒诞不经的，完全是古人编造的神话故事，但是却反映了航海者的心理状态。正如南宋吴自牧在《梦粱录》中所说："其妃之灵著，多于海洋之中，保护船舶，其功甚大"。近千年来，在航海者的心目中，天妃是一个非常灵验的航海保护神。好像在茫茫的大海中，天妃无时不在，无处不在。当遇到险难的时刻，天妃就会显灵佑护、救援。这样，人们也就产生了一种自我安慰的心理，感到由于有天妃的保佑，就可以有恃无恐地在大海中航行。这种心理作用，无疑极大地鼓舞着航海者，增强了他们的自信心，激励他们去跟海洋搏斗，从而也促进了航海事业的发展。

三　天妃受到崇仰的原因

在中国古代社会中，妇女的地位是非常低下的。为什么海岛上一个普通人家的女儿，会获得天妃、天后的显赫

头衔，受到人们的崇拜呢？

这得从古代中国的阴阳学说和封建迷信说起。在中国古代，封建迷信是很厉害的，而且是一个多神崇拜的国家。除了佛教和道教这样的正宗宗教外，还有各种各样的天神地煞，如皇天后土、海神风伯、雷公电母之类，比比皆是。以人为神的也很多，如关帝（三国蜀汉的关羽）、岳王（南宋的岳飞），等等。在中国古代的阴阳学说中，水属阴，跟它相配的就是女子，于是天妃就被选中了。

从天妃的事迹来看，她生前可能是一个巫女之类的人，能够行使巫术。湄洲岛上的人都是以航海为生的，在海上航行危险重重，经常发生海难，生死难卜，祈求神灵保佑是很自然的。因此，懂得巫术的天妃死后就被当地人建祠祭祀，作为神灵供奉。

天妃之所以能够在全国以至东南亚地区被尊崇为海上保护神，这跟福建人的海上活动有密切的关系。福建从宋朝以后，海上活动在全国占有非常重要的地位，因此对天妃的崇拜也被福建人带到各地。在他们的船舶所到的地方，大都建立了天妃神宫和神庙，如江苏的南京、江西的景德镇、贵州的镇远都有天妃宫。甚至有些天妃宫的建筑材料，比如辽宁营口天妃宫的全部建筑材料，包括石雕和木作，都是从福建用船运去的。当然，单纯的民间信仰活动不可能有这样大的影响，封建统治者的提倡也是一个重要原因。

天妃最早受到官方的重视，是在路允迪出使朝鲜回国以后，他奏请朝廷赏赐了庙额“顺济”。南宋绍兴二十六年

（1156），以郊典封灵惠夫人。南宋淳熙年间（1174～1189）又封为妃，号惠灵。从此，天妃的名号就传扬开来，成为官定的航海保护神。元至元十五年（1278）封她为“护国明著灵惠协正善庆显济天妃”。至元二十五年（1288）又加封“南海明著天妃为广祐明著天妃”。这一改封，说明元朝建国不久就超越了南海的范围，恢复并且扩大了跟阿拉伯一带的海上交往。明朝又给她“圣妃娘娘”的封号，清初更封为“天后圣母”，奉旨命官春秋致祭。据统计，天妃在宋朝受封十四次，元朝六次，明朝四次，清朝八次。从这里可以看到，天妃是封建统治者所树立的航海保护神。一而再，再而三地给予各种封号，也反映了宋元以后官方对航海的重视。这一方面是宋元时期航海事业最发达，海外通商贸易成为当时政府的一大财政收入；另一方面是元朝以后的明清时期，通过海道漕运南方的粮米到北京，是明清政府所关注的大事，对封建政权的稳定和巩固关系重大。因此也可以说，天妃的被尊崇，反映了历代政府对航海的关注。

结　语

历史提供的经验和教训

一　影响造船和航海事业的因素

从本书的叙述中可以看到，造船和航海是综合性的科学技术，涉及到流体力学、材料力学、运动学、天文学、数学、磁学、地理学、气象学以及制造工艺技术等广阔的领域，因此造船和航海事业的发展是跟整个社会的科学技术水平分不开的。我国古代有非常辉煌的科学技术成就，在许多领域里都处于当时世界的领先地位。先进的科学技术水平也促使我国的造船和航海技术在整体上，以及在一些重要的设备上，都居于古代世界的领先地位。例如，船尾舵、水密隔舱、指南针等都是我国首先发明的，而且至今仍在应用。从唐朝以至明初的近千年的时间里，我国船舶的性能一直称誉于世界，远洋航行技术也一直保持着世界的先进水平。李约瑟在对中西方的造船和航海技术进行比较性研究以后，曾经明确提出，在造船和航运的许多原理方面，西方比中国落后了十几个世纪；船尾舵的应用，西方比中国大约落后四个世纪；指南针在航海中的应用，西方比中国大约落后一个世纪。同时，也正如路易·勒康在17世纪后期所说：“航海是显露中国人才智的另一方面”，中国人远比“希腊人和罗马人懂得多”。造船和航海技术的光辉成就，也从侧面反映了我国古代发达的科学技术文明。

当然，任何一个技术部门的发展，都跟社会的需要紧密相关，并且是为社会需要所推进的。地中海沿岸和阿拉伯湾一带由于经济贸易的需要，古代也有发达的造船和航海事业，并且在造船和航海技术上作出了重大的贡献。中国所处的地理位置不同，而且在唐朝以前海上国际贸易不很发达，但是中国幅员辽阔，海岸线漫长，河流港汉纵横交错，湖泊众多，由于国内交通运输和物资交流的需要，推动了造船和航运业的发展。隋朝以后，我国南方成了全国的主要经济区域，可是政治中心却在北方，漕运南方的粮食和物资成为历朝政权的一项重大措施，因此内河和沿海航运得到持续的发展。尤其是在唐、宋、元三朝，我国海外的交通贸易蓬勃兴起，使我国的造船和航海事业进入了一个历史上的高潮时期，它的技术水平也走向了历史上的高峰。

中国古代社会还具有自身的特点和传统。在世界文明的发展史上，中国的文明从来没有像其他古国那样曾经遭到中断，它是连绵不断，持续发展的。而且，自从3000多年以前的夏、商王朝建立起，中国基本上处在一种君主专制的大一统政体的统治下，即使是在分裂时期，各个分立的政权也都保持着君主专制的政体而没有改变。因此许多重要的手工业生产部门，包括造船和航运事业，大都掌握在官方手里，成为官营的手工业。它征调和集中了全国各地的能工巧匠，物力财力充裕，甚至可以不惜工本，制造统治者所需要的产品。这样，官方手工业的产品往往代表

着国家最先进的水平。从历史上的造船和航海来看，大型的、性能优良的船舶往往是官方造船场所建造的，或者供统治者享用，或者供军用；大规模的航海事业也都是官方所组织和控制的。这也就产生了这样一种结果，统治者的意志常常左右着造船和航海事业的兴衰。唐、宋、元三朝政权鼓励海上交通贸易，就促使造船和航海事业特别发达。郑和的划时代航海业绩，更是在皇帝的直接指使下，利用政权的力量来完成的。但是，在郑和的航海活动结束以后，由于明朝政权实行海禁和锁国政策，我国居于世界领先地位的造船和航海事业就一落千丈，很快落在世界潮流的后面了。

二　明朝以后我国造船和航海落后的原因

长期处在领先地位的中国造船和航海技术，为什么在近代世界中却落后了，而且差距越来越大，被世界先进的造船、航海潮流远远地抛在后面，这是至今仍为中外人士所关心，并进行探讨的一个重大问题。它将给我们提供许多有益的教训和借鉴。

一般说来，社会状态是最根本的原因。明朝以后，中国社会已经进入了封建主义的后期，长期统治中国社会的封建主义政体逐步走向衰退、没落和崩溃。同时，西方资本主义却正在兴起，处于迅猛的发展时期。从科学技术方

面来说，西方掀起了近代科学技术革命的浪潮，近代科学技术迅速兴起，突飞猛进。特别是十八世纪的产业革命以后，造船和航海技术发生了重大的变革，木结构的船舶被钢铁结构的船舶所取代，风力、人力推进系统被蒸汽动力系统所取代，航海技术也取得了重大的突破。可是中国的科学技术包括造船和航海技术在内，却仍在传统的老路上蹒跚而行，一直保持着经验性科学技术的水平，没有进入近代理性的科学技术阶段。因此从社会形态到科学技术水平，中国都逐步落后于西方，造船和航海事业当然也难以例外。

明朝以后，造船和航海事业的落后还有它的特殊原因。明初的郑和船队大规模远航，成为世界航海史上的空前壮举。但是，这样的壮举在中国却成为昙花一现的事件，从此，中国的航海事业在世界上就默默无闻了。这是很耐人寻味的。

首先，让我们来对郑和跟葡萄牙人达·伽马的远航作一个简单的比较。郑和的远航带有极大的政治色彩，主要是为了巩固明成祖朱棣的政治地位，扩大国际影响，显示明王朝的强大，以宣扬国威。因此，郑和出使所携带的物品大部分是金银、钱币、瓷器、丝绸和铁器，并且大都作为礼品分送给沿途各国，而换回来的多是奇珍异宝、珍禽异兽、香药等专供皇室和官僚集团享用的奢侈品。这种只讲排场、乱加赏赐、贸易不计盈亏的做法，加上造船和远航筹备工作的费用，耗费了巨大的财力，增加了明政权的

财政困难，对国家的繁荣和发展没有带来什么好处，因此被作为一种弊政，受到统治阶级内部的激烈反对和攻击。到了成化年间（1465～1487），事情就完全走向反面，大型海船的建造停止了，远洋航行停止了，甚至连郑和远航的档案资料也被烧毁，走上了取消主义这另一个极端，大规模的远航也就从此中断了。达·伽马的远航和结果就跟它相反。达·伽马的远航带有资本主义牟取暴利的目的，1497年他从欧洲经过好望角到达东印度的远航，虽然只有4只船、148人（或是170人），但是在1499年返回葡萄牙的时候，船队带回的货物总值却是他远航费用的60倍之多。它的结果是对欧洲正在变革的社会给予了强有力的新刺激，把欧洲带入了殖民掠夺的大航海时代。两者目的不同，后果也完全不一样，它的经验和教训都是值得记取的。今天，我们既要反对宣扬国威式的远洋航行，也要反对对远洋航行的消极态度，更要反对殖民掠夺式的海上活动，但是对于平等互利性质的海上交通贸易活动，那是应该大力提倡的。

造成中国历史上远洋航行活动中断的另一个重要原因，是政府实行海禁政策。在元末明初，由于倭寇成为沿海的大患，所以明王朝建立以后不久，在加强海防的同时，很快就采取了跟唐、宋、元朝鼓励海上贸易相反的政策，罢去专管海上通商的市舶司，实行海禁，禁止民间的海外通商活动。洪武十四年（1381）颁布的禁令规定，除了持有官方所发的号票文允许可出海的船只外，严禁民间船只下海通商，甚至不许民间建造三桅以上的大船，对违禁者处

以充军以至斩首的严刑。在郑和七次远航期间，海禁虽然略有放宽，但是随着郑和远航的结束，远航活动受到统治阶级内部的反对，海禁又变得更加严厉了。据《明史纪事本末》卷55记载，嘉靖二十五年（1546）更下令："凡双樯艅艎，一切毁之，违者斩。"在这样严厉的海禁政策的统治下，民间和官方的造船业都受到了严重的摧残，民间只许建造小船，官方也只是建造中小型的船只，连专为郑和远航建造宝船的庞大的官方龙江造船厂都大部分荒废了。从此，除了沿海的漕运和商业活动，以及民间一些零星的违禁冒险出海活动外，轰轰烈烈的航海事业就无声无息了。结果，我国的造船和航海技术连原有的水平都保持不住，而是向后倒退，当然也就更谈不上向前发展了。

及至到了清朝，由于清初东南沿海的反清力量比较强大，清政府仍旧推行海禁的政策，封锁海域，宣布汉人出洋是"自弃王化"，一律杀头。顺治十七年（1660）更颁布了"迁海令"，强迫命令北起渤海湾，南到广东的惠州、连州一线的沿海居民内迁三、四十里。据江日升的《台湾外纪》卷12记载，当时清朝政府下令"将所有沿海船只悉行烧毁，寸板不许下水。……违者死无赦。"康熙二十二年（1683）统一台湾以后，虽然开放了海禁，但是对出海贸易的商船还是规定了种种限制。乾隆二十二年（1757）下令关闭所有开放的通商港口，只留下广州港跟国外通商，推行更加严厉的闭关自守的政策。可是在这个时期和以后，正是西方工业革命蓬勃兴起的时期，蒸汽机和其他科学技

术成就在造船和航海事业中得到广泛应用，造船和航海技术进入了一个新的时代。因此，闭关自守的结果，不但使中国对世界造船和航海的新潮流、新技术一无所知，而且中国的造船和航海事业也因此更加一蹶不振了。

三　历尽沧桑谱新篇

落后和愚昧是一对不可分离的孪生兄弟，落后就必然愚昧，愚昧又更加落后。在这种恶性循环之下，当欧洲殖民主义势力东来，在中国周围建立殖民地，并且在中国沿海猖狂活动，这时候腐朽的清朝政府仍旧妄自尊大，以天朝上邦自居，闭关自守，闭目塞听，对世界发展的潮流毫无了解。乾隆五十八年（1793），英国派马戛尔尼来华，要求通商和互派使节，被清王朝以“与天朝体制不合，断不可行”，“天朝物产丰盈，无所不有，原不借外夷货物以通有无”而回绝，对增加贸易的要求也用“于定例之外多有陈乞，大乖仰体天朝加惠远人，抚育四夷之道”（《乾隆敕谕》）作理由，不予理睬。嘉庆二十一年（1816），英国再次要求通商贸易，仍是以“天朝不宝远物”，“嗣后毋庸遣使远来，徒烦跋涉，但能倾心效顺，不必岁时来朝始称向化”（《嘉庆敕谕》），再次加以拒绝。清王朝的狂妄无知和愚蠢，真是达到了惊人的地步。但是只经过25年，英国的铁甲战舰就打破了清王朝的迷梦，打开了闭关自守的中国

大门。接着，其他列强接踵而来，清政府丧权辱国，签署了一个又一个的不平等条约，中国也一步一步地沦为半封建半殖民地的国家。从此，中国的沿海口岸以至内河航线，任凭外国轮船横冲直撞，中国自身除了一些小木船外，几乎没有什么造船和航海事业可言了。

1860 年的第二次鸦片战争以后，清政府认为战争失败的主要原因是英、法的船坚炮利，特别是在清政府勾结外国殖民主义势力，凭借洋枪洋炮扑灭了太平天国起义以后，进一步认识到军火工业的重要性，于是提出“师夷智以造炮制船”，在 19 世纪 60 年代掀起了洋务运动，建立了我国第一批近代工业。其中创办较早、规模较大的工厂有：1865 年创办的江南制造局，1866 年创办的福州船政局。但是由于清政府政治腐败，管理不当，加上帝国主义侵略势力的作梗，造船的成绩很差。江南制造局在 1868 年到 1885 年之间只造轮船 8 艘。其中 1868 年制造的第一艘船“惠吉”号，只是长 185 尺、宽 27.2 尺、马力 392 匹、载重 600 吨的小船，船身还是木质的，除锅炉和船壳是自造的外，机器都是从外国购买的旧货，式样也只是老式的明轮船。福州船政局在 1869 年到 1874 年之间共造兵船 15 艘，也都是几百吨到一千吨的小型船只，技术工艺仍很落后。1873 年六月七日，《北华捷报》在评论江南制造局和福州船政局所造兵船的时候说：“这些小船只能供沿海岸巡缉之用；太平年月无用，战争起时是废物”，遭到外国侵略者的蔑视。

后来，我国的造船业虽然也有所发展，但是主要还是

购买外轮；一些民族资本家建立的轮船公司也购买外轮。直到1949年解放前夕，我国沿海和内河的航运主要控制在外国人手里。据统计，1916年我国拥有的海轮计有135艘，吨位67 443吨；内河轮船计有2 111艘，吨位105 974吨，共计大小轮船2 246艘，总吨位173 417吨。可是，当时在我国内河和沿海航行的外国轮船共有150艘，吨位高达212 899吨，比我国拥有的轮船吨位还多近40 000吨。1934年，我国拥有的轮船总吨位只有54万吨，可是在我国境内航行的外籍轮船吨位竟有70万吨。而且在我国所拥有的轮船中，大多不是自己制造而是从外国购买的。这些情况，反映了我国造船和航海事业处于非常落后的状态。日本入侵以后，由于战争的破坏，我国的造船和航海事业更濒临绝境。

1949年全国欢庆新中国成立，它拯救了苦难深重的国家和民族，也拯救了濒临绝境的造船和航海事业。建国以来，我国在造船和航海技术方面都取得了很大的成就。我国的商船已经远航各大洋。当然，我们也应该清醒地看到，现在我国的造船和航海事业发展的速度也还不够快，还不能适应发展的需要，同世界先进工业国家相比也还有不少差距。但是，我们满怀着希望和信心，随着经济体制的改革，在实现四化，振兴中华的伟大历史进程中，我国的造船和航海事业一定会继承和发扬历史上的光辉业绩，谱写出辉煌灿烂的新篇章。

后　记

作者不揣冒昧地撰写这本书，是想介绍历史上我国的造船和航海成就，以及它对世界造船和航海事业的贡献，使读者能够了解我们祖先的智慧和才能。读者如果能够从中得到一些启迪和有所收益，那更是作者所企望莫及的了。

一般说来，海船和战船的建造代表了各个时代造船技术的最高水平，航海技术代表了航行技术的最高水平。因此，本书的介绍侧重于海船、战船和航海，而对内河船只和内河航行触及比较少。当然，这绝不是说中国古代的内河造船和航运技术中没有出色的成就，相反，其中同样有不少辉煌成就，有些至今仍然是令人赞叹的。这是必须加以说明的。

本书在写作过程中得到了泉州海外交通史博物馆的大力支持，他们慷慨地提供了还没有发表过的木碇和铁锚的资料和图片；中国科学院自然科学史研究所副研究员赵承泽同志、泉州海外交通史博物馆的郭慕良同志也都给予了热情的鼓励和帮助，谨在这里表示衷心感谢。中国青年出版社自然科学编辑室同志为本书的加工整理和出版付出了大量的劳动，也在这里表示衷心感谢。但是，由于作者接触的资料有限，水平不高，心有余而力不足，如有疏漏和差错，希望能够得到读者的补充和指正，作者将不胜感激。

金秋鹏记于中国科学院自然科学史研究所

1984 年 12 月 15 日

再版后记

先夫金秋鹏的《中国古代的造船和航海》一书，于1985年由中国青年出版社出版，并荣获1987年第二届全国优秀科普作品奖二等奖。本书虽以科普的笔调写成，但学术界公认是一本具有较高价值的学术性著作，是先生多年研究的成果，当年本书的问世，填补了我国造船和航海史方面的空白。科学史界前辈胡道静先生曾评价："该书把我国海上活动的光辉的技术能力和英勇精神，……布告国人、布告青年，对振兴中华、实现四化，必收宏效，固不仅在学术上之价值极高也。"

中国国际广播出版社拟编辑出版《中国读本》，经筛选，决定将本书收入其中，这也足以说明本书在传播中国古代科学技术文化知识方面的作用和社会影响。此次再版，为了增加直观效果，加了个别图片，并将部分墨线图改为图片，其他的基本上保持原貌。需要申明的是，第十二章"宝船"一节，有较大的更改，先生在本书第一版中，认为郑和宝船为"沙船型"，随着研究的深入，放弃沙船说，而主福船说，"宝船"一节的文字是根据先生20世纪90年代发表的论文整理的。

本书的责任编辑张婧女士，为了本书能按计划出版，冒着酷暑来寒舍取书稿，并在编辑过程中劳心付出，在此特致谢意！

吴佩卿

2009年7月

［Ｇｅｎｅｒａｌ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ］
书名＝中国古代造船与航海
作者＝金秋鹏著
页数＝１９４
ＳＳ号＝１２７３２５７３
出版日期＝２０１１．０１